



**Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL: MILLORA D'UNA LÍNIA DE PRODUCCIÓ**

**AUTOR: VILARROYA ALTIMIRA, IGNACIO**

**TITULACIÓ: GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA**

**DIRECTOR: ALIAU PONS, JOAN JOSEP**

**DEPARTAMENT: DEPARTAMENT D'EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA**

**DATA: 29/06/2016**

**TÍTOL: MILLORA D'UNA LÍNIA DE PRODUCCIÓ**

**COGNOMS: VILARROYA ALTIMIRA**

**NOM: IGNACIO**

**TITULACIÓ: GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA**

**ESPECIALITAT: MATERIALS**

**PLA: BOLONYA**

**DIRECTOR: ALIAU PONS, JOAN JOSEP**

**DEPARTAMENT: DEPARTAMENT D'EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA**

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENT:**

**LOPEZ MEMBRILLA DOLORES**

**SECRETARI:**

**TREJO OMEÑACA, ALEXANDRE**

**VOCAL:**

**CASARIEGO VALES, PEDRO**

**DATA DE LECTURA: 12/07/2016**

**Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☐ Sí ☒ No**

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

En aquest projecte tenim l'objectiu de millorar una línia de producció en la que actualment s'utilitzen únicament dues màquines per a ajudar en el procés d'assemblatge de diferents components.

Per a complir l'objectiu de producció anual hem de tenir 2 línies iguals en paral·lel amb una persona en cada màquina de les que hem esmentat abans, això suposa una despesa al final de l'any només en personal molt elevada, i tot i així, estem en un marge molt petit en quant a producció i objectiu de peces anual.

Localitzat el problema, proposem el disseny d'una **nova línia** de producció la qual únicament dependrà d'un operari, amb una **capacitat productiva més elevada** que les dues línies actuals treballant a l'hora i amb **menys despeses**.

Per a dissenyar aquesta nova línia, tindrem en compte aspectes com l'ús de tecnologies pioneres en el món de la organització de la producció com la tecnologia **SMED** per al canvi ràpid de utillatges ja que en principi la nostra línia funcionarà exclusivament per a un conjunt concret de peces, però tenim diferents referències molt semblants les quals, donat un moment de necessitat, podríem produir en aquesta nova línia únicament fent el canvi de utillatges.

També intentarem reduir al mínim la quantitat de material necessari per a la construcció de la nostre màquina i emprant la **major part d'elements normalitzats** per a fer més fàcil i econòmica la construcció de la nostra nova línia automatitzada.

L'objectiu després de realitzar tot el disseny, l'anàlisi de costos de les peces que conformaran la nostra nova línia i les hores de mà d'obra necessàries per a produir-la es veu aconplit amb creus, ja que durant la durada del projecte de la referència a fabricar obtindrem un **benefici** superior als 100.000€ únicament per produir aquestes peces amb la màquina en lloc de amb la línia actual.

**Paraules clau (màxim 10):**

Nova línia	Més productivitat	Menys despeses	SMED
Components normalitzats	Mínim material possible	Benefici final	

## Contenido

1.	Objectiu:	5
2.	Memòria:	6
2.1	Descripció i producció dels components:	6
2.2	Línia de producció actual:	7
2.3	Funcionament de l'actual línia de producció:	8
2.3.1	Estació de clipatge:	9
2.3.2	Estació d'encolat:	13
2.4	Actors que condicionen la nova línia de producció:	15
2.4.1	Els imants i el ferromagnetisme:	15
2.4.2	Les terres rares:	17
2.4.3	Màquines que formen la nostra proposta de línia de producció:	22
2.4.4	Tecnologia SMED:	28
2.5	Conclusions de la memòria:	30
3.	Desenvolupament:	31
3.1	Fase inicial del projecte:	31
3.1.1	Selecció del model de màquina que volem dissenyar:	31
3.1.2	Descripció detallada de cadascuna de les estacions de treball:	35
3.2	Disseny dels components necessaris:	38
3.2.1	Suports base:	38
3.2.2	Disseny de l'estació del fluxòmetre i de l'encolat:	40
3.2.3	Disseny de l'estació de imantació + premsa:	43
3.2.4	Disseny del cos que suporta el braç robòtic:	45
3.2.5	Disseny de taula central giratòria:	46
3.2.6	Disseny de la taula bancada de la màquina:	51
3.2.7	Disseny dels utillatges per col·locar les peces a la taula giratòria:	58
3.3	Conclusions sobre el disseny del producte final:	60
4.	Càlculs:	61
4.1	Temps de producció d'una peça:	61
4.1.1	Producció mitjançant línia actual:	61
4.1.2	Producció mitjançant línia proposada:	61
4.1.3	Comparació despeses línia automàtica respecte línia manual:	63
4.2	Càlcul de resistència de materials:	64
4.2.1	Estudi del punt més sol·licitat de la nostra màquina:	64
5.	Plec de condicions:	65

5.1	Normativa:.....	65
5.2	Condicions per part del client: .....	65
6.	Pressupost: .....	66
6.1	Material emprat per a la realització de la màquina.....	66
6.2	Construcció i posta en marxa de la línia automatitzada: .....	67
6.3	Facturació com a enginyer: .....	67
6.4	Preu final de la màquina: .....	67
6.5	Amortització: .....	67
7.	Conclusions: .....	69
8.	Bibliografia: .....	70

Figura Nº 1; Carcassa metàl·lica; Font: Font pròpia .....	6
Figura Nº 2; Imant de Neodimi; Font: Font pròpia .....	6
Figura Nº 3; Plàstic; Font: Font pròpia .....	7
Figura Nº 4; Escuma/Foam; Font: Font pròpia.....	7
Figura Nº 5; Lay-out línia actual; Font: Font pròpia .....	8
Figura Nº 6; Base; Font:Font pròpia .....	9
Figura Nº 7; Escuma/Foam; Font: Font pròpia.....	9
Figura Nº 8; Peça de Plàstic; Font: Font pròpia.....	9
Figura Nº 9; Màquina estació Nº1; Font: Font pròpia.....	10
Figura Nº 10; Plàstic + FOAM; Font: Font pròpia .....	10
Figura Nº 11; Posicionament en màquina; Font: Font pròpia .....	11
Figura Nº 12; Peça posicionada; Font: Font pròpia.....	11
Figura Nº 13; Botons per accionar màquina; Font: Font pròpia .....	12
Figura Nº 14; accionant botons; Font: Font pròpia.....	12
Figura Nº 15; peça final OK; Font: Font pròpia .....	12
Figura Nº 16; imant de neodimio; Font: Font pròpia .....	13
Figura Nº 17; Peça després del procés de clipatge; Font: Font pròpia .....	13
Figura Nº 18; Estació d'encolat; Font: Font pròpia .....	13
Figura Nº 19; Peça després del procés d'encolat; Font: Font pròpia .....	14
Figura Nº 20; peça final OK; Font: Font pròpia .....	14
Figura Nº 21; línies de camp magnètic; Font: .....	15
Figura Nº 22; Estructura microcristal·lina interna; Font: UVIGO .....	15
Figura Nº 23; Diferents formes d'imants; Font: .....	16
Figura Nº 24; Comportament de les línies de camp magnètic; Font: .....	16
Figura Nº 25; Taula periòdica; Font: Google .....	17
Figura Nº 26; Mines de terres rares; Font: ElConfidencial.....	17
Figura Nº 27; Bobina de fil de coure; Font: Google .....	18
Figura Nº 28; Imanació axial; Font: IMA.....	18
Figura Nº 29; Imanació diametral; Font: IMA .....	18
Figura Nº 30; Imanació Radial; Font: IMA .....	18
Figura Nº 31; Imanació multipolar; Font: IMA .....	18
Figura Nº 32; Lingots de neodimi previ al sinteritzat; Font: Google .....	20
Figura Nº 33; Pols de Neodimi; Font: Google.....	20
Figura Nº 34; Fonrs de sinteritzat; Font: IMA .....	21
Figura Nº 35; Imant de Neodimi geometria especial; Font: IMA .....	21
Figura Nº 36; Àrea de treball de la configuració polar; Font: CENIDT.edu .....	22
Figura Nº 37; Àrea de treball de la configuració cilíndrica; Font: CENIDET.edu .....	23
Figura Nº 38; Àrea de treball de la configuració de coordenades cartesianes; Font: CENIDET.edu.....	23
Figura Nº 39; Àrea de treball de la configuració de braç articulat; Font: CENIDET.edu .....	24
Figura Nº 40; Sistema vibratori d'alimentació de material; TAD.es.....	25
Figura Nº 41; Bobina d'imanació; Font: canmag.cn .....	26
Figura Nº 42; Màquina imanadora; Font: canmag.cn .....	26
Figura Nº 43; Fluxòmetre ECKEL; Font: eckelgbr.com .....	28
Figura Nº 44; Bobina de fluxòmetre; Font: eckelgbr.com.....	28
Figura Nº 45; Posicionador wittmann; Font: wittmann-group.com .....	31
Figura Nº 46; vista superior proposta incial de disseny; Font: Font pròpia.....	32
Figura Nº 47; Taula tria màquina; Font: Font pròpia .....	34

Figura Nº 48; Distribució final màquina; Font: Font pròpia .....	35
Figura Nº 49; Suports base; Font: Font pròpia.....	38
Figura Nº 50; Base amb barres; Font: Font pròpia.....	39
Figura Nº 51; Base suports braç robòtic; Font: Font pròpia .....	39
Figura Nº 52; Cara contacte base suport braç robòtic; Font: Font pròpia.....	40
Figura Nº 53 Secció base suport braç robòtic; Font: Font pròpia .....	40
Figura Nº 54; Part comú estacions Fluxòmetre, imantat, encolat; Font: Font pròpia .....	41
Figura Nº 55; Suport fluxòmetre i encolat; Font: Font pròpia .....	41
Figura Nº 56; Estacions de treball 4 i 7 (Encolat i fluxòmetre) .....	42
Figura Nº 57; Part comú estacions 4, 6 i 7 (Encolat, imantat+premsat, Fluxòmetre); Font: Font pròpia .....	43
Figura Nº 58; suport bobina; Font pròpia .....	43
Figura Nº 59; Estació de treball Nº 6; Font pròpia .....	44
Figura Nº 60; Base braç robòtic; Font: Font pròpia .....	45
Figura Nº 61; Primera idea de disseny taula superior giratoria; Font: Font pròpia .....	46
Figura Nº 62; Eix superior; Font: Font pròpia.....	47
Figura Nº 63; Eix inferior; Font: Font pròpia .....	47
Figura Nº 64; Cos eix; Font: Font pròpia .....	48
Figura Nº 65; Muntatge Eix; Font: Font pròpia .....	48
Figura Nº 66; Secció taula superior; Font: Font pròpia.....	49
Figura Nº 67; Taula superior; Font: Font pròpia .....	49
Figura Nº 68; Secció 1 muntatge final taula superior; Font: Font pròpia .....	50
Figura Nº 69; Secció 2 muntatge final taula superior; Font: Font pròpia .....	50
Figura Nº 70; Lay-out de màquina definitiva; Font: Font pròpia .....	52
Figura Nº 71; Col·locació de les estacions sobre la taula bancada; Font: Font pròpia .....	53
Figura Nº 72; Vista de les diferents regates; Font: Font pròpia .....	54
Figura Nº 73; Forats centrals per que passi l'eix; Font: Font pròpia .....	54
Figura Nº 74; Resultat del primer disseny; Font: Font pròpia.....	55
Figura Nº 75; Taula base final; Font: Font pròpia .....	55
Figura Nº 76; Estructura Taula bancada; Font: Font pròpia.....	56
Figura Nº 77; Disseny final taula bancada 1; Font: Font pròpia.....	57
Figura Nº 78; Disseny final taula bancada 2; Font: Font pròpia.....	57
Figura Nº 79; Utilitatge suport peça; Font: Font pròpia.....	58
Figura Nº 80; Utilitatge ja col·locat en la taula superior giratoria; Font: Font pròpia.....	59
Figura Nº 81; Disseny definitiu màquina; Font: Font pròpia.....	60
Figura Nº 82; Taula temps producció manual en cada estació; Font: Font pròpia.....	61
Figura Nº 83; Taula producció; Font: Font pròpia.....	62
Figura Nº 84; Taula estació i temps de treball; Font: Font pròpia .....	62
Figura Nº 85; Taula producció; Font: Font pròpia.....	62
Figura Nº 86; Taula comparativa línia automàtica vs manual; Font: Font pròpia .....	63
Figura Nº 87; Resultat estudi d'elements finits; Font: Font pròpia .....	64
Figura Nº 88; Peces a mecanitzar; Font: Font pròpia.....	66
Figura Nº 89; Preu components de màquina; Font: Font pròpia .....	67
Figura Nº 90; Inversió i estalvi anual; Font: Font pròpia.....	68
Figura Nº 91; Resultats econòmics; Font: Font pròpia .....	68



## 1. Objectiu:

Amb l'objectiu principal de fer més eficient la línia de producció actual, es proposa una nova línia de producció totalment automatitzada, que ens proporcioni un procés de fabricació del acoblament de les diferents parts de la peça final totalment controlat, que la peça final surti ja també verificada i també empaquetada per a poder ser distribuïda.

També és un objectiu clar reduir els costos de fabricació i augmentar la productivitat diària, suposa una inversió però hem de comprovar si resulta una inversió bona o no segons realitzant una sèrie de anàlisis que durem a terme durant el projecte.

Per a poder aconseguir amb aquests objectius hem de dissenyar una màquina de producció i a l'hora de control de qualitat ja que serà la pròpia màquina la discrimini les peces que no compleixen amb les especificacions tècniques que requereix el producte final.

Sabent tot el que hem d'aconseguir, comencem a treballar en el disseny de la nostra nova línia de producció.

Amb una nova màquina base, es proposaran diferents alternatives que faran la màquina més ràpida però a l'hora més costosa, y l'estudi que realitzarem ens proporcionarà una decisió equilibrada entre temps per fabricació de peça i cost unitari de la producció d'aquesta peça.

La proposta de millora de l'actual línia de producció consisteix en automatitzar tot el sistema de producció i verificació de la peça, seria una màquina de producció i a l'hora de control de qualitat 100% de les especificacions més importants del procés productiu.

Unificarem tot a una única màquina amb diferents estacions de treball, la idea es que el nombre d'estacions de treball, degut a les necessitats que requereix el nostre producte final sigui de 10 estacions, això en un estudi inicial, un cop tinguem la proposta en plànols veurem si es pot reduir o és necessari augmentar en una estació de treball el que tenim inicialment en ment. Cadascuna d'aquestes estacions estarà totalment automatitzada i únicament l'operari encarregat de la màquina haurà d'estar pendent de que no falti material per a que la màquina no pari de produir sense desitjar-ho.

Posteriorment, l'alimentació de material a la màquina es produirà mitjançant sistemes d'alimentació de material per vibració.

A la part central de la màquina hi haurà un plat giratori en el qual aniran col·locades les peces, que aniran passant estació per estació i així fins completar el procés en les 10 estacions i obtenir la peça acabada i controlada.

D'aquesta màquina sortiran les peces llestes per a ser enviades a client, ja amb el seu packaging definitiu i el nombre de peces determinat.

Els utilitatges on s'aniran col·locant les peces en el plat giratori seran de canvi ràpid per a poder produir un altre referència molt semblant, que en canviar la configuració del PLC podrem produir en la mateixa màquina. Emprarem la tecnologia SMED per a canvi ràpid d'utilitatges.

## 2. Memòria:

### 2.1 Descripció i producció dels components:

El nostre producte consta de 4 components que en acoblar-se ens donen la peça final desitjada. Cadascun dels components té un procés de fabricació concret i unes característiques mínimes que ha de complir. Els tres elements principals són: Carcassa metàl·lica, imant de neodimi i base de plàstic.

La carcassa metàl·lica: Obtenim aquesta peça per mecanitzat, es tracta d'una peça metàl·lica.



*Figura Nº 1; Carcassa metàl·lica; Font: Font pròpia*

Imant: es tracta d'una peça de Neodimi d'una qualitat determinada, aquest material prové de les anomenades 'terres rares' l'extracció de les quals es duu a terme a la China, ja que és en aquest país on són més abundants les mines d'aquest material. El neodimi és una composició de varis materials ferromagnètics però majoritàriament el formen el Neodimi el Ferro i el bor.

Mitjançant un procés de sinterització, premsat i per últim de un recobriment superficial obtenim aquest tipus d'imants. És molt important aquests últims punts ja que el Neodimi té el problema de oxidar-se amb molta facilitat.



*Figura Nº 2; Imant de Neodimi; Font: Font pròpia*

Base de plàstic: el component de plàstic s'obté per un procés de injecció de plàstic. Aquest es duu a terme en un motlle de 4 cavitats.



*Figura N° 3; Plàstic; Font: Font pròpia*

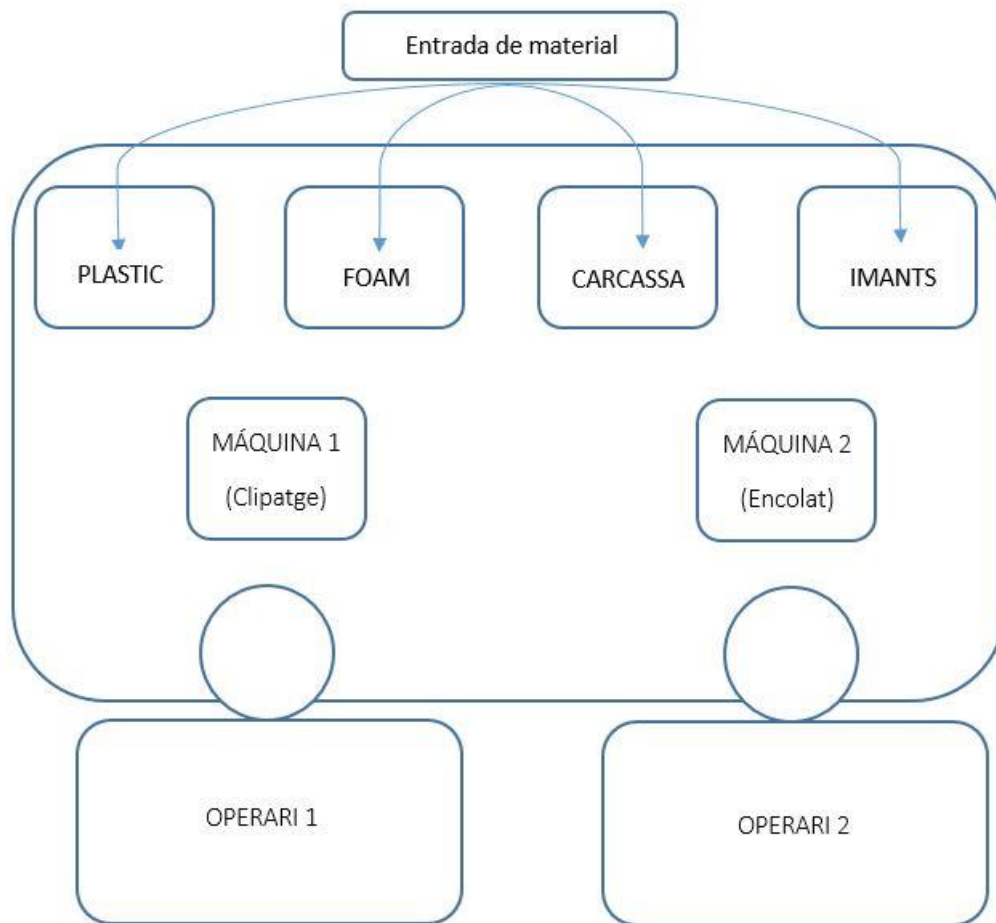
Espuma o FOAM: tros d'espuma col·locat entre la carcassa metàl·lica i la base de plàstic per a limitar el moviment lateral de la part superior de aquesta peça de plàstic.



*Figura N° 4; Escuma/Foam; Font: Font pròpia*

## 2.2 Línia de producció actual:

La línia de producció consta de 2 punts de treball amb 2 estacions de treball cadascun. Són dues taules cadascuna amb 2 màquines idèntiques de les quals se n'encarreguen 4 operaris (un a cada màquina). La seva distribució és la següent:



*Figura Nº 5; Lay-out línia actual; Font: Font pròpia*

### 2.3 Funcionament de l'actual línia de producció:

La línia de producció actual es divideix en dues estacions de treball o fases de línia.

Si ordenem cronològicament la vida de la peça final, comencem per la fase de clipatge o premsat, en aquesta fase deixem solidaris 3 dels 4 components de la peça final, i per l'altre banda trobem la fase d'encolat.

### 2.3.1 Estació de clipatge:

En la primera estació serà on muntarem el clipatge de la peça.

En aquest procés intervenen components:



*Figura Nº 6; Base; Font: Font pròpia*



*Figura Nº 7; Escuma/Foam; Font: Font pròpia*



*Figura Nº 8; Peça de Plàstic; Font: Font pròpia*

Aquest tres components quedaran solidares gràcies a la següent màquina, que és la que conforma la estació de treball numero 1.



*Figura Nº 9; Màquina estació Nº1; Font: Font pròpia*

Per a obtenir la peça es segueix el següent procés:

S'ha de col·locar el FOAM dintre del plàstic com es pot observar en la següent fotografia , es igual si està del dret o del revés, ha de quedar el diàmetre interior dintre de la part que sobresurt del plàstic



*Figura Nº 10; Plàstic + FOAM; Font: Font pròpia*

El següent pas es col·locar el plàstic amb el FOAM ja junt dintre de la màquina de clipatge. Aquesta té una guia per on hem de fer lliscar i col·locar finalment la peça, un cop està posada en el seu lloc, posem a sobre del plàstic la base de ferro. El resultat del muntatge ha de ser el següent:



Fer tope amb el final de la guia

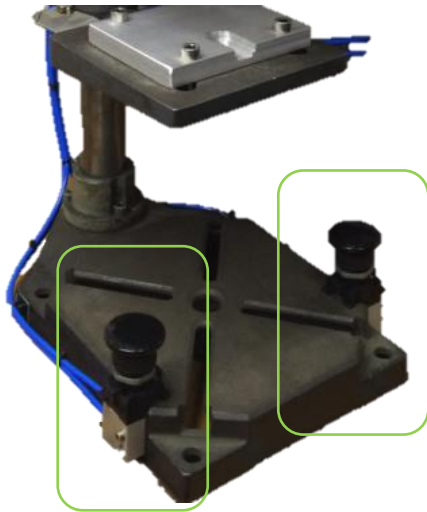


Figura N° 11; Posicionament en màquina;  
Font: Font pròpia

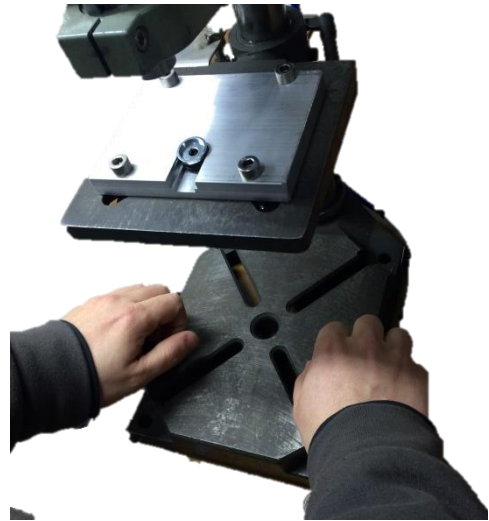


Figura N° 12; Peça posicionada; Font: Font pròpia

Un cop en aquest punt únicament ens faltaria accionar la màquina per a procedir amb el clipatge de la peça. Per a fer-ho i amb la peça correctament col·locada hem de pulsar a l'hora els dos botons que hi ha als laterals de la màquina i aquesta procedirà.



*Figura N° 13; Botons per accionar màquina;  
Font: Font pròpia*



*Figura N° 14; accionant botons; Font: Font pròpia*



*Figura N° 15; peça final OK; Font: Font pròpia*

Aquesta màquina funciona mitjançant actuadors pneumàtics, i sensors de final de carrera.

Al accionar els dos botons baixa el pistó 1 fins a trobar-se amb el primer sensor mecànic de final de carrera, aquest atura aquest pistó 1 i a l'hora acciona el pistó 2 que s'atura també quan es troba amb a un altre sensor de final de carrera, i en aquest punt la peça ja ha estat clipada.

Amb el pistó 1 aproximem el pistó 2 a la peça fins que està en contacte amb ella i la posiciona bé, en aquest punt s'acciona el pistó 2 que és l'encarregat de realitzar el clipatge final de la peça.



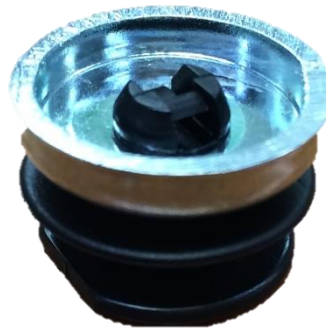
### 2.3.2. Estació d'encolat:

En la segona estació de la línia es on es duu a terme la fase d'encolat.

En aquesta part intervenen la peça obtinguda en el procés anterior i l'imant.

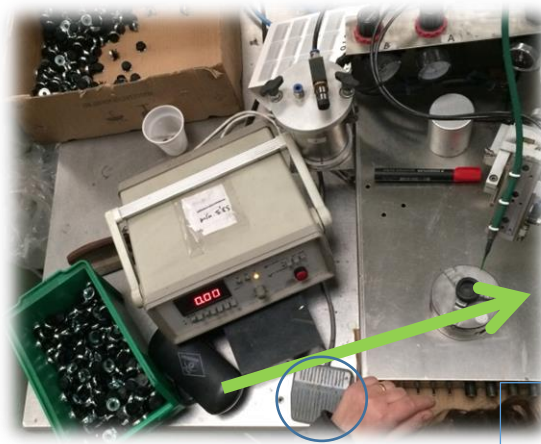


*Figura N° 16; imant de neodimio; Font: Font pròpia*



*Figura N° 17; Peça després del procés de clipatge; Font: Font pròpia*

S'han de col·locar les peces prèviament treballades en el clipat a la màquina d'encolar.



Amb la peça ja col·locada  
accionar l'interruptor  
d'encesa de la màquina.

*Figura N° 18; Estació d'encolat; Font: Font pròpia*



*Figura Nº 19; Peça després del procés d'encolat; Font: Font pròpia*



S'ha d'afegir per últim  
manualment l'imant



*Figura Nº 20; peça final OK;  
Font: Font pròpia*

Aquesta màquina la formen un motor que fa girar la base on va col·locada la peça, un expulsor de cola i un actuator pneumàtic que acosta l'expulsor de cola a la peça a encolar. El motor fa girar la peça durant un temps determinat i es aquest el temps que també està abocant cola sobre la peça.

Per últim queda col·locar manualment l'imant al interior de la carcassa metàl·lica.

## 2.4 Actors que condicionen la nova línia de producció:

Seguint un desenvolupament que desglossarem en el següent punt, hem arribat a la conclusió que la millor opció de línia de producció amb 8 estacions de treball. Aquesta estarà formada per una sèrie de elements que procedirem a descriure a continuació.

La nostra peça està composta per diferents elements com ja hem vist, però l'element que fa característica la nostra peça és l'imant, per això molts dels elements que haurem de conèixer estan relacionats amb el magnetisme, com controlar les propietats magnètiques de les peces, com modificar-les o com catalogar-les.

### 2.4.1 Els imants i el ferromagnetisme:

Un imant és aquell objecte metàl·lic capaç d'absorbir part d'un camp magnètic al que està exposat. Un cop aquest camp ha desaparegut, la peça imantada es comporta com un generador d'aquest. Aquest camp és invisible però responsable de la propietat fonamental de l'imant,

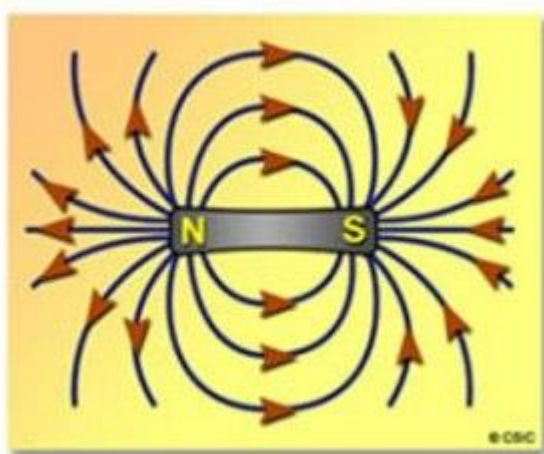


Figura N° 21; línies de camp magnètic; Font:

l'atracció o força cap a altres materials ferromagnètics. Existeixen imants de tipus naturals o artificials, així com permanents o temporals. Un imant natural és aquell mineral amb propietats magnètiques, tal com podria ser la magnetita.

Els imants artificials són cossos de materials ferromagnètics als que se li ha comunicat la propietat del magnetisme, ja sigui mitjançant el fregament amb un imant natural o per l'acció de corrents elèctrics aplicats de forma convenient. Aquesta aplicació de corrent magnètic sobre un cos ferromagnètic l'anomenem electroimantació. Els imants

temporals són aquells que perden les seves propietats una vegada que finalitza la causa que provoca el magnetisme. Un imant ferromagnètic permanent, és un objecte que està magnetitzat i crea el seu propi camp magnètic. Els imants ferromagnètics permanents són aquells que creen un alt flux magnètic en una massa petita. També els anomenem imants "durs", ja que estan fets de materials ferromagnètics tals com aleacions d'acer i ferrita que es sotmeten a un procés de fabricació especial en el que s'alinea la seva estructura microcristal·lina interna i els fa molt difícil de desmagnetitzar.

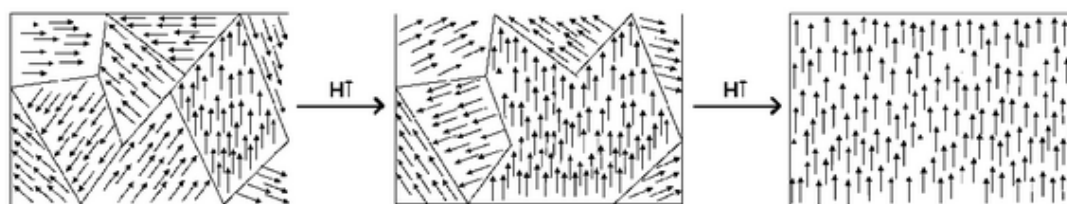


Figura N° 22; Estructura microcristal·lina interna; Font: UVIGO

El ferromagnetisme és un fenomen físic en el qual es produeix un ordenament magnètic de tots els moments magnètics d'un cos en la mateixa direcció i sentit. Generalment, els materials ferromagnètics estan dividits en dominis magnètics, separats per unes superfícies conegudes com parets de Bloch. Cadascun d'aquests dominis presenta una mateixa i direcció sentit intern, però diferent entre els dominis contigus. Sometent el material ferromagnètic a un camp magnètic, tots els dominis tendeixen a alinear-se amb el mateix camp. Al eliminar el camp, el domini persisteix durant un cert temps, és així en els materials ferromagnètics temporals.

Les principals famílies de materials ferromagnètics permanents són les de Ferrita, les d'AlNiCo i les terres rares, els quals introduïrem més endavant.

Els imants de ferrita són trencadissos i sensibles a cops o flexions degut al seu caràcter mecànic i de gran duresa. Els d'AlNiCo, que estan compostos de Alumini, Níquel i Cobalt, són uns imants molt resistents però a la vegada molt fràgils i requereixen uns processos diferents als demés per a poder imantar-los degut a les seves característiques.



Figura Nº 23; Diferents formes d'imants; Font:

Per últim, les terres rares són la última generació d'imants, on trobem els imants de NdFeB (Neodimi, ferro i Bor; més coneguts simplement com a Neodimi) i els de SmCo (samari cobalt; també més coneguts simplement com a Samari). Aquests imants tenen propietats molt superiors a les tradicionals, és per això que ara per ara són els més potents del mercat. Cal destacar que aquest tipus d'imants mantenen les seves propietats a temperatures sota 0. Els imants de ferrita petits compten amb un camp magnètic dèbil i es poden protegir d'una manera relativament fàcil; els imants de neodimi, en canvi, s'han de protegir amb molta cura abans d'enviar-los.

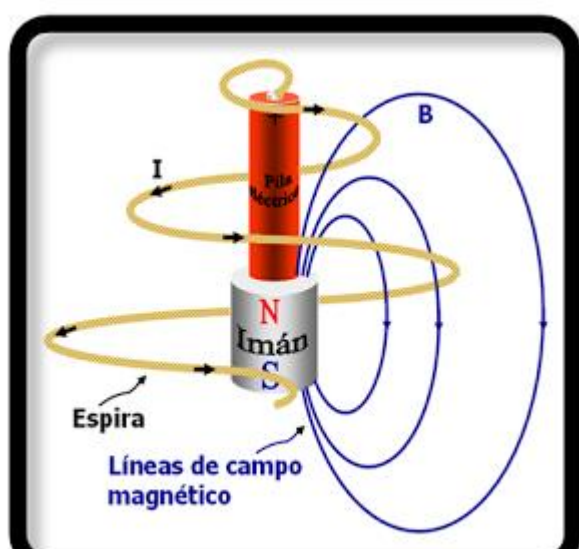


Figura Nº 24; Comportament de les línies de camp magnètic;

Font:

És per això que els fabricants recomanen disposar els imants de neodimi i els de ferrita a uns 30cm de distància durant el transport degut a que els imants de ferrita podrien quedar desmagnetitzats o quedar amb els pols invertits degut a la influència dels imants de neodimi. És una característica que pot passar desapercebuda, però és important a l'hora de comptabilitzar els costos ja que aquest tipus de transport és molt car degut la especialització i dedicació necessària, per tant és un factor a tenir molt en compte.



En referència al preu, una característica molt important a tenir en compte és la fluctuació del preu dels imants, ja que els imants de ferrita són els més estables degut a que no s'utilitzen terres rares per a la seva fabricació com passa amb els imants de neodimi.

Com veiem, els materials magnètics amb més potencial del mercat actualment són les terres rares, i més concretament els de Neodimi, així que com és de suposar, el material magnètic que utilitzem per a la nostra peça és el neodimi.

Ens introduïm una mica més en el nostre material, per a poder entendre que és quines són les seves característiques per a poder entendre el per què de les màquines utilitzades en les estacions de treball respectives.

#### 2.4.2 Les terres rares:

Les terres rares reben aquest nom però els disset elements de la taula periòdica que formen part d'aquest grup no són cap de les dues coses. Tècnicament són metalls de transició (elements químics situats a la part central de la taula periòdica), tot i que des de que van descobrir-se els primers elements al final del segle XVIII, han arrossegat l'antiga denominació en anglès per als òxids: *earths*. Tampoc són estranys ni escassos, estan a tot arreu, associats en petites proporcions a altres minerals. La singularitat, el

La taula periòdica mostra els elements químics organitzats en files i columnes. Els elements de les terres rares, que són Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb i Lu, estan destacats en vermell a la part inferior de la taula, sota l'element Ba.

Figura Nº 25; Taula periòdica; Font: Google

que ha convertit a aquests elements en protagonistes d'una silenciosa guerra mundial pel seu control, els la dificultat de trobar jaciments amb una alta concentració i puresa.

La gran beneficiada d'aquesta guerra és la Xina, ja que en l'actualitat produeix gairebé el 80% de les terres rares del planeta, en l'actualitat apareixen nous actors que amenacen al gegant asiàtic en el monopoli d'aquests metalls, ja que quatre anys enrere pràcticament el 97% de la

producció mundial era per part de la Xina.

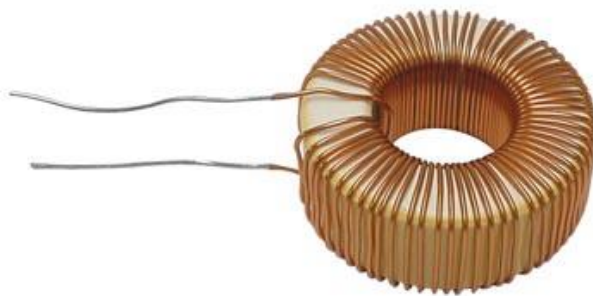
Els imants de terres rares representen la última generació dels materials magnètics, aquest materials posseeixen propietats molt superiors a les tradicionals, sent actualment els més potents del mercat. Dins el camp de les terres rares trobem, com ja hem mencionat amb anterioritat, dos tipus de materials, els de samari (aliatges de Samari i Cobalt) i els de Neodimi (aliatges de Neodimi, Ferro i Bor).



Figura Nº 26; Mines de terres rares; Font: ElConfidencial

Estudiarem en concret les característiques dels imants de Neodimi, i són diferents factors tècnics els que defineixen les propietats magnètiques dels imants, procedirem a definir aquestes per entendre perfectament el per què de que aquest tipus d'imant és realment el millors vers als altres.

La imantació es duu a terme mitjançant un camp magnètic extern, que a nivell industrial és genera normalment amb bobines de fil de coure, en aquestes s'indueix un corrent, el



qual genera un camp magnètic en l'interior de la bobina donant lloc a un electroimant, mentre hi circuli corrent per la bobina tindrem camp magnètic en l'interior, on ficarem la peça a imantar, es a dir, fiquem la peça en l'interior de la bobina i induïm un corrent per a generar el camp magnètic per a saturar (obtenir les propietats magnètiques totals de la peça) la nostra peça, aquesta saturació és instantània.

Figura N° 27; Bobina de fil de coure; Font: Google

Tenim diferents tipus bàsics d'imantació:

El més comú es la imantació **axial**, imantem en una cara de l'imant el pol Nord i en l'altre el pol Sud

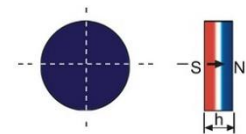


Figura N° 28; Imanació axial; Font: IMA

Després en peces cilíndriques o anells hi ha una possibilitat diferent, que consisteix en la imantació **diametral** que imanta amb la meitat de la cara cilíndrica amb un pol i l'altre meitat amb l'altre.

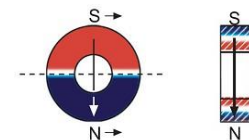


Figura N° 29; Imanació diametral; Font: IMA

Un altre tipus d'imantació es la imantació **radial**, que es produeix en anells normalment, imanta la meitat del radi interior amb un pol, i l'exterior amb un altre.



Figura N° 30; Imanació Radial; Font: IMA

I per últim tenim l'opció de la **imantació multipolar** (molts polos en la mateixa cara de la peça).

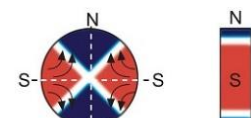


Figura N° 31; Imanació multipolar; Font: IMA

La primera propietat i que a ull del consumidor és pràcticament la més important és la remanència magnètica (camp magnètic que roman en la peça). La remanència magnètica o magnetització remanent ( $B_r$ ) és la capacitat que té un material per a retenir el magnetisme que li ha estat induït, es a dir, la magnetització que persisteix en un imant permanent després de que es retiri el camp magnètic extern. És a dir quant més gran sigui aquest valor més 'fort' serà aquest imant, i la unitat que s'utilitza per a mesurar això és el T (tesla)

Un altre propietat molt important és el flux magnètic, i aquest es defineix com les línies de camp magnètic que travessen una determinada superfície en l'espai, es a dir, es una mesura de la quantitat de magnetisme.

La darrera propietat fonamental per entendre el fenomen del magnetisme és la coercitivitat ( $H_c$ ) que es defineix com la intensitat de camp necessària per a tornar a desmagnetitzar per complert un imant, es diferencia la coercitivitat  $H_{cB}$ , de densitat de flux i la coercitivitat  $H_{cJ}$ , de polarització. Si un imant queda exposat a un camp desmagnetitzador d'intensitat  $H_{cB}$  la densitat de flux desapareix però la peça segueix sent magnètica, per a desmagnetitzar per complert, la intensitat del camp desmagnetitzador ha de ser superior al valor  $H_{cJ}$ . La unitat en el sistema internacional és A/m (ampers per metre).

Tenint clares aquestes propietats, ja podem dir que el neodimi i samari són en l'actualitat els materials magnètics permanents més potents degut a la seva alta coercitivitat i la seva elevada remanència que ens permeten nous dissenys i augmentar el seu camp d'aplicació on l'espai és limitat o bé on es requereixi un camp magnètic elevat.

La problemàtica d'aquests imants és la temperatura de treball que abarquen unes temperatures determinades en funció de la qualitat que posteriorment ampliarem.

En el cas dels materials fets amb terres rares (Imants de Neodimi i Imants de Samari), el procés de fabricació es tracta d'un procés que resulta bastant complex, i que a continuació procedirem a explicar.

· Procés de fabricació dels imants de terres rares:

Primerament es fonen les matèries primeres en un forn i es forment llingots de neodimi al colar el material en motlles i deixant-lo refredar.



*Figura N° 32; Lingots de neodimi previ al sinteritzat; Font: Google*



Es procedeix a esmicolar aquests llingots fins a obtenir una pols de neodimi lo més fina possible



*Figura N° 33; Pols de Neodimi; Font: Google*





Després d'aquest procés, a aquesta pols se li practicarà un tractament tèrmic de sinteritzat en fase líquida per mitjà del qual les partícules d'alinearan magnèticament i s'uniran entre si donant lloc a densos blocs.



*Figura N° 34; Fonrs de sinteritzat; Font: IMA*



Finalment aquests blocs són tractats tèrmicament, tallats de la forma desitjada i sotmesos a tractaments superficials per a prevenir la corrosió ja que el neodimi pur sense cap recobriments superficial es s'oxida gaire bé al instant, i per últim magnetitzats.



*Figura N° 35; Imant de Neodimi geometria especial; Font: IMA*

### 2.4.3 Màquines que formen la nostra proposta de línia de producció:

La nostra línia de producció proposada, com ja hem esmentat anteriorment estarà composta per 8 estacions de treball, el conjunt d'aquestes ho formen diferents tipus de màquines encarregades cadascuna de diferents tasques, procedirem a esmentar cadascuna de les màquines que formaran la nostra línia de producció:

- Braç robòtic: segons la norma ISO 8373, es defineix la robòtica industrial com a *'manipulador multifuncional, controlat automàticament, reprogramable en tres o més eixos, que pot estar fixe o mòbil per a ús en aplicacions de automatització industrial'*. El segment dels manipuladors robòtics és molt ampli, discrimina segons la carrega que tingui que manipular, segons la marca de braç robòtic te uns paràmetres o altres en quan a filtrar en funció de la càrrega màxima a manipular però el filtre que si és comú entre les marques és el nombre d'eixos o graus de llibertat. Les configuracions bàsiques de robots Industrials són les següents:
  - Configuració polar: la configuració polar utilitza coordenades polars per a especificar qualsevol posició en termes d'una rotació sobre la seva base, un angle de elevació i una extensió lineal del braç, amb lo que obté un medi de treball en forma d'esfera.

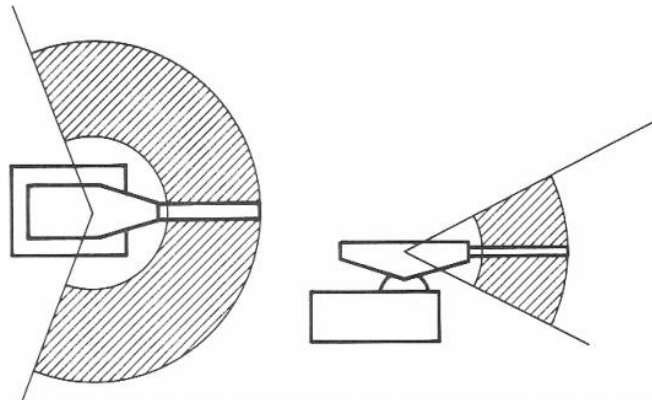
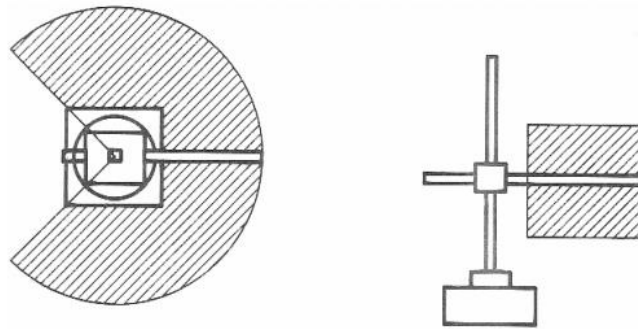


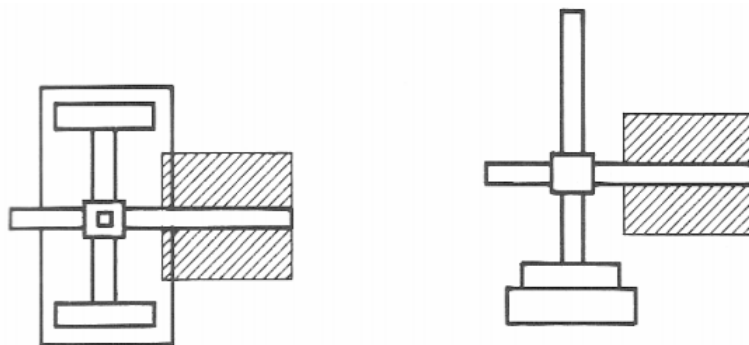
Figura Nº 36; Àrea de treball de la configuració polar; Font: CENIDT.edu

- Configuració cilíndrica: aquesta substitueix el moviment lineal per un de rotacional en la seva base, amb el que s'obté un medi de treball en forma de cilindre:



*Figura N° 37; Àrea de treball de la configuració cilíndrica; Font: CENIDET.edu*

- Configuració en coordenades cartesianes: La configuració en coordenades cartesianes la formen 3 moviments lineals, i el seu nom prové de les coordenades cartesianes, les qual són més adequades per a descriure la posició del moviment del braç. Els robots cartesianes a vegades reben el nom de XYZ, on les lletres representen els tres eixos de moviment



*Figura N° 38; Àrea de treball de la configuració de coordenades cartesianes; Font: CENIDET.edu*

- Configuració de braç articulat: la configuració de braç articulat utilitza únicament les articulacions rotacionals per a aconseguir qualsevol posició, i es per això que es el més versàtil.

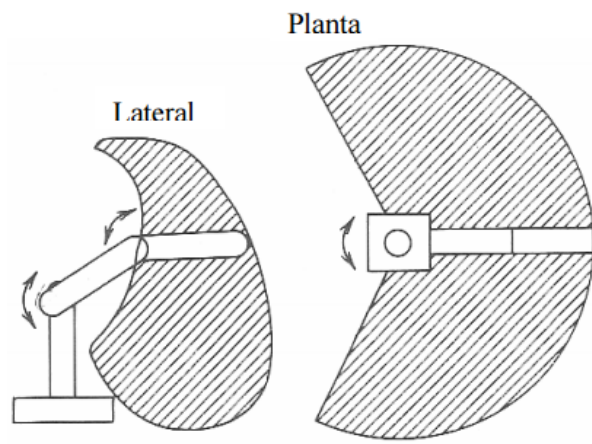


Figura N° 39; Àrea de treball de la configuració de braç articulat; Font: CENIDET.edu

- Màquines vibradores de alimentació de material: l'alimentador es un dispositiu que, per mitjà de una vibració angular, porta les parts a avançar a través d'una sèrie de selectors i trampes, que, tot i que el principi de funcionament de les màquines vibradores d'alimentació no sigui aquest, poden separar i seleccionar les parts defectuoses en a la hora de entrar en la producció mitjançant sistemes de control de geometries del estil calibres passa – no passa (poka-yokes). Esmentat aquest detall, la funció primordial de aquestes màquines és la de alimentar de material una línia de producció introduint les peces en la posició necessària.



*Figura Nº 40; Sistema vibratori d'alimentació de material; TAD.es*

- Sistema d'encolat: és un sistema que en aplicar-li pressió des de un sistema pneumàtic extreu cola per 4 punts, que són els necessaris per al encolat de la nostra peça.
- Bobina d'imantació: com hem comprovat anteriorment ens trobem amb diverses possibilitats a l'hora d'imantar una peça ferromagnètica permanent, però en aquest cas, per l'ús que li dona el nostre client a la peça final es tracta de una imantació axial, el que suposarà que la nostra bobina d'imantació ens haurà de proporcionar aquest tipus de imantació, i haurà de generar un camp magnètic lo suficientment intens com per a deixar completament imantat el nostre imant de neodimi.



*Figura N° 41; Bobina d'imanació; Font: canmag.cn*

Per a generar el camp magnètic en la bobina s'utilitzen les màquines imanadores.

Màquines imanadores: són les encarregades de, mitjançant un sistema de condensadors, carregar el voltatge necessari per a aplicar una descarrega que circularà per la bobina imanadora i generarà durant unes dècimes de segon un camp magnètic lo suficientment potent com per a imanar completament les nostres peces.



*Figura N° 42; Màquina imanadora; Font: canmag.cn*

- Fluxòmetre: un fluxòmetre és l'encarregat de detectar les variacions de flux magnètic en l'interior de una bobina petita tota. Aquest bobinat està format per un llarg fil de coure que dona un nombre de voltes determinat en funció del rang de medició de la bobina.

Per a la nostra línia necessitarem una estació de treball amb aquest element, ja que un dels punts a controlar per determinar que una peça es donada per bona o no és el flux magnètic que obtenim en la peça final, és una manera de mesurar les propietats magnètiques de la peça i quantificar les línies de camp magnètic per unitat d'àrea, el que indirectament ens està donant el nivell de atracció magnètica que tindrà la nostra peça.



Figura Nº 43; Fluxòmetre ECKEL; Font: eckelgbr.com



Figura Nº 44; Bobina de fluxòmetre; Font: eckelgbr.com

- Sistema de packaging: per a fer el packaging utilitzarem un sistema que ja estem aplicant en altres línies automatitzades que tenim i que consisteix en un sistema rotacional on col·locarem 5 tubs per anar emmagatzemant les peces que surtin de la línia, a cada tub hi caben 30 peces i mitjançant la lectura de distància d'un sensor de mesura làser anirem omplint els tubs de peces.

#### 2.4.4 Tecnologia SMED:



Els mercats han evolucionat per a exigir a les empreses productores més varietat de producte, comandes de menor mida, temps d'entrega reduïts i costos de producció altament competitius.

La tècnica SMED, dissenyada per Shigeo Shingo en els anys 50, s'ofereix com a alternativa per a superar aquest repte de la producció contemporània. Aquest sistema va estar desenvolupat per a reduir els temps de preparació de les màquines, possibilitant així produir lots de mida més reduïda. Shigeo Shingo és considerat un dels pares del TPS (Toyota Production System).

El SMED (Single Minute Exchange of Die) que traduït al català vol dir 'canvi de matriu en menys de 10 minuts' va néixer precisament de la necessitat de reduir la mida dels lots que passaven per les premses de estampació, optimitzant el procés de canvi d'una matriu a un altre. En una de les primeres aplicacions del SMED, TOYOTA va reduir la preparació de una d'aquestes premses de 1000 tones de 4 hores a 3 minuts.

Entrant més en detall en el que consisteix aquesta tècnica, que segueix els següents passos:

1. Observar i comprendre el procés de canvi de lot:

El procés de canvi de lot és produït des del moment en que es produeix la última peça correcta del lot anterior fins a la primera correcta del lot següent.

2. Identificar i separar les operacions externes i internes:

S'entén per operacions internes aquelles que es deuen realitzar amb la màquina parada. Les operacions externes són les que poden realitzar-se amb la màquina en funcionament.

3. Convertir les operacions internes en externes:

En aquesta fase les operacions externes s'aconsegueixen dur a terme fora del temps de canvi, reduint-se així el temps invertit en l'esmentat canvi.

4. Refinar tots els aspectes de la preparació:

En aquest punt es busca la optimització de totes les operacions, tant internes com externes, amb l'objectiu de minimitzar al màxim els temps necessaris.

5. Estandarditzar el nou procediment:

En aquesta última fase el que busquem es mantenir en el temps la nova metodologia desenvolupada. Amb aquest objectiu es genera la documentació necessària sobre el nou procediment de treball, que pot incloure documents escrits, esquemes o noves gravacions de vídeo.

Com a conclusió, podem mencionar els principals beneficis que s'obtidrien de l'aplicació d'aquesta tècnica en els seus aspectes més generals:

- Es transforma el temps productiu en no productiu, que es reflecteix en un increment de capacitat productiva i de productivitat de la planta.

- Es possible la reducció del lot de producció, en conseqüència incrementem la flexibilitat de la planta en front als canvis de la planta i als canvis de necessitats, una producció del termini d'entrega, una disminució del stock de material en curs i en conseqüència l'alliberament d'espai en la planta productiva.
- S'estandarditzaran els procediments de canvi de lot, establint mètodes de treball més còmode i segur, reduint l'scrap, oferint així processos d'aprenentatge fàcil i garantint la competitivitat de l'empresa en un futur.

## 2.5 Conclusions de la memòria:

Per al nostre projecte hem decidit escollir els següents components ja que són els que millor satisfan les nostres necessitats:

- Alimentació de material: Per al nostre projecte hem escollit màquines vibratòries de la casa TAD, es tracta de màquines d'alimentació vibratòries amb una campana d'autonomia que permet més independència i no necessita un operari atent tota l'estona per només aquesta màquina, així la idea de únicament tenir una persona a càrrec de aquesta màquina la mantenim vigent.
- Imanadora: En aquest cas també hem escollit un màquina amb la que treballem assíduament a la nostre empresa y que per tant, sabem que funciona correctament i que per al ús que li volem donar és el sistema idoni.
- Bobina d'imatació dels imants de neodimi: Per a dur a terme aquesta operació hem contactat amb la casa de accessoris per al magnetisme CANMAG, que és amb la que treballem normalment per a qualsevol tipus de bobina d'imatació que necessitem.
- Fluxòmetre: Per al nostre projecte, hem triat el model DFM-R de la casa ECKEL MANETMESSTECHNIK, ja que són els equips que ja estem utilitzant en altres línies i ens està donant bons resultats, juntament amb la bobina per a detectar les variacions de flux magnètic.
- Per al sistema de packaging utilitzarem el sistema rotacional.

- Per últim, per al nostre projecte ens és necessari un robot del tipus per coordenades cartesianes (amb 3 graus de llibertat) ja que pels moviments que realitzaran els nostres elements dintre de la proposta de nova línia de muntatge que únicament seran lineals no necessitem pas res més. L'escollit es tracta d'un braç robòtic de la casa wittman battenfeld, dispositiu petit amb una gran velocitat de reacció, que ja que la nostra carrega a transportar és molt baixa ens beneficia en la velocitat de execució de les operacions.



*Figura Nº 45; Posicionador wittmann; Font: wittmann-group.com*

### 3. Desenvolupament:

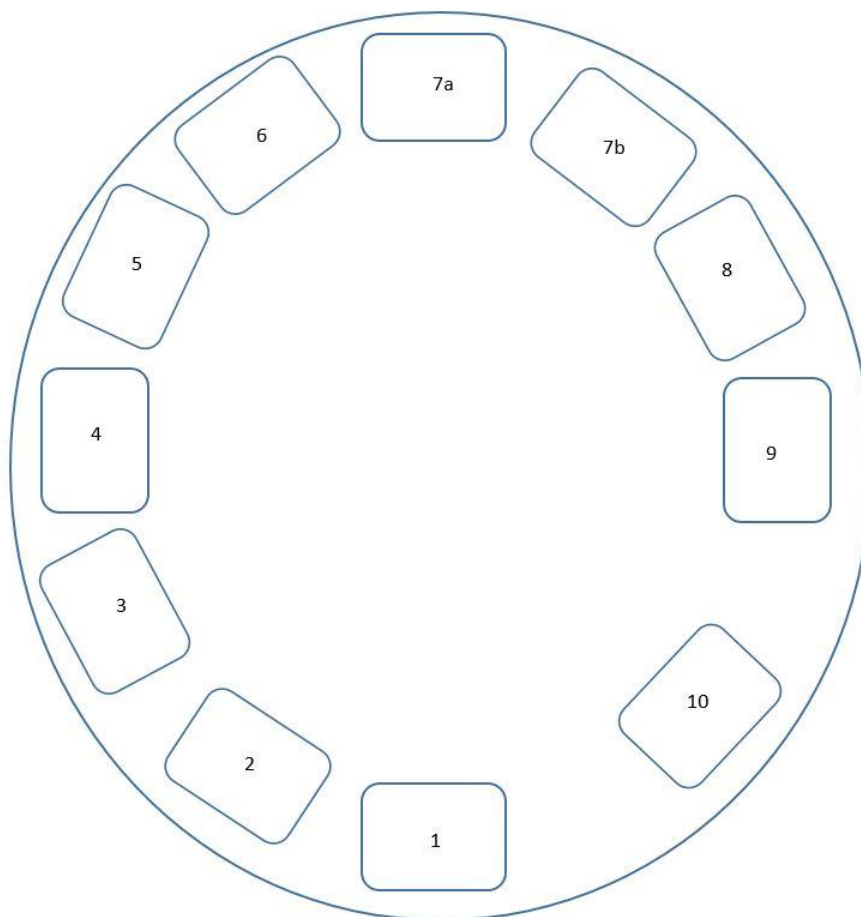
En aquest apartat procedirem a explicar les diferents etapes per les que ha passat el disseny de aquesta màquina i com i perquè hem arribat al disseny definitiu de màquina que presentarem al nostre client com a definitiu.

#### 3.1 Fase inicial del projecte:

##### 3.1.1. Selecció del model de màquina que volem dissenyar:

Tenim tres possibilitats de màquina, segons el que hem vist amb el plantejament inicial la estació que limita el temps de treball és la estació de imantació, ja que les imanadores necessiten un temps mínim per a carregar-se de corrent elèctric i poder així aplicar la descarrega elèctrica necessària sobre el bobinat de coure que forma la bobina d'imatació que generarà un camp magnètic suficient per a saturar per complet la nostra peça de neodimi. Això ja ens proporciona la primera millora a plantejar-nos: col·locar dues imanadores en paral·lel, així tindrem sempre una carregada i aquesta estació redueix notablement el temps final.

- La primera proposta és la presentada en el lay-out següent:



*Figura Nº 46; vista superior proposta inicial de disseny; Font: Font pròpia*

#### Estació de treball número 1:

És aquí on s'inicia el procés de producció d'aquesta peça. En aquesta estació la màquina col·locarà en el posicionador de peces de la taula el primer element de la nostra peça final, la part de plàstic.

#### Estació de treball número 2:

En aquesta estació s'afegeix el FOAM en el centre de la part de plàstic. Aquesta estació treballarà igual que l'anterior, amb un braç genèric i una eina específica per a portar el FOAM des de l'alimentació a l'útil de muntatge de la peça final. La alimentació de material en aquest punt es produeix mitjançant una barilla que guiarà l'escuma i que es col·locaran així una a una en una cinta de la qual el braç les anirà agafant.

#### Estació de treball número 3:

Aquí, la màquina col·loca sobre el plàstic i l'espuma la base metàl·lica. S'utilitza la mateixa metodologia que en l'estació primera, tant en la forma del braç com en l'alimentació de peces.

#### Estació de treball número 4:

Aquesta és l'estació d'encolat, aquí se li aplica a la carcassa metàl·lica la cola necessària per a que no sobresurti a l'exterior un cop s'hagi afegit la peça que va a dintre de la carcassa.

#### Estació de treball número 5:

En aquest punt col·loquem l'ímant totalment desímantat en l'interior de la carcassa metàl·lica ja encolada.

Estació de treball número 6:

Aquí es produeix el clipatge final de la peça i amb l'ímant muntat s'ímanta també en aquesta estació.

Estació de treball número 7a:

En aquesta estació es verifica l'altura final de la

Estació de treball número 7b:

En aquesta estació les peces anteriors que no eren OK segons els paràmetres establerts acord amb el plànol de la peça són extretes de la línia de producció.

Estació de treball número 8:

En aquesta estació es verifica el flux magnètic

Estació de treball número 9:

En aquest punt es produeix el packaging final de la peça. Únicament s'empaqueten les peces que en el resultat anterior han passat satisfactòriament la verificació del flux magnètic, les que han donat error en el punt anterior no es fa res amb elles i passen a la següent estació de treball.

Estació de treball número 10:

Les peces que en la estació de treball 8 han donat error són guardades aquí. I per últim ja amb el utillatge central buit comencem de nou el procés en la estació número 1.

- Segona opció:

La segona opció serà estalviar-nos tres estacions de treball, la primera de aquestes operacions de canvi serà aplicada fusionant les dues últimes on se separen les peces bones i les dolentes en una de sola. Ara mateix aquesta operació es duu a terme amb dues dos braços pneumàtics diferents, i la nova proposta és re dur-ho a terme en una única operació, peces OK s'empaqueten, peces NO OK es separen en un contenidor especial, però això sí, en la mateixa operació. La ordre de si la peça és bona o no la donarà la estació anterior amb la operació de verificació del camp magnètic, especificació marcada al plànol de la peça.

L'altre estalvi en aquesta segona opció serà reduir dues estacions de treball més (concretament la 7a i la 7b s'eliminarien, ja que són estacions que en la primera es verifica una altura, i posteriorment es descarta la peça en cas que no sigui correcta la seva altura) les operacions que es duen a terme en aquestes estacions es duren a terme abans de que el material entri a la línia de producció, es verificaran dimensionalment les peces per separat amb sensors de mesura per làser que en cas que siguin dolentes les parts seran separades. Ens quedariem així amb 8 estacions de treball.

- Tercera opció:

Per últim la tercera opció de màquina serà sumar a la segona opció el que ja hem plantejat al principi, la opció de utilitzar dues màquines imanadores en paral·lel, opció una mica més costosa però que també aportarà una millora en els temps de producció de la peça.

Procedim a realitzar una taula comparativa amb les tres opcions de màquina i els punts claus que fan determinar si la opció és correcta o no. Les puntuacions van de 1-3 sent 1 la pitjor opció i 3 la millor.

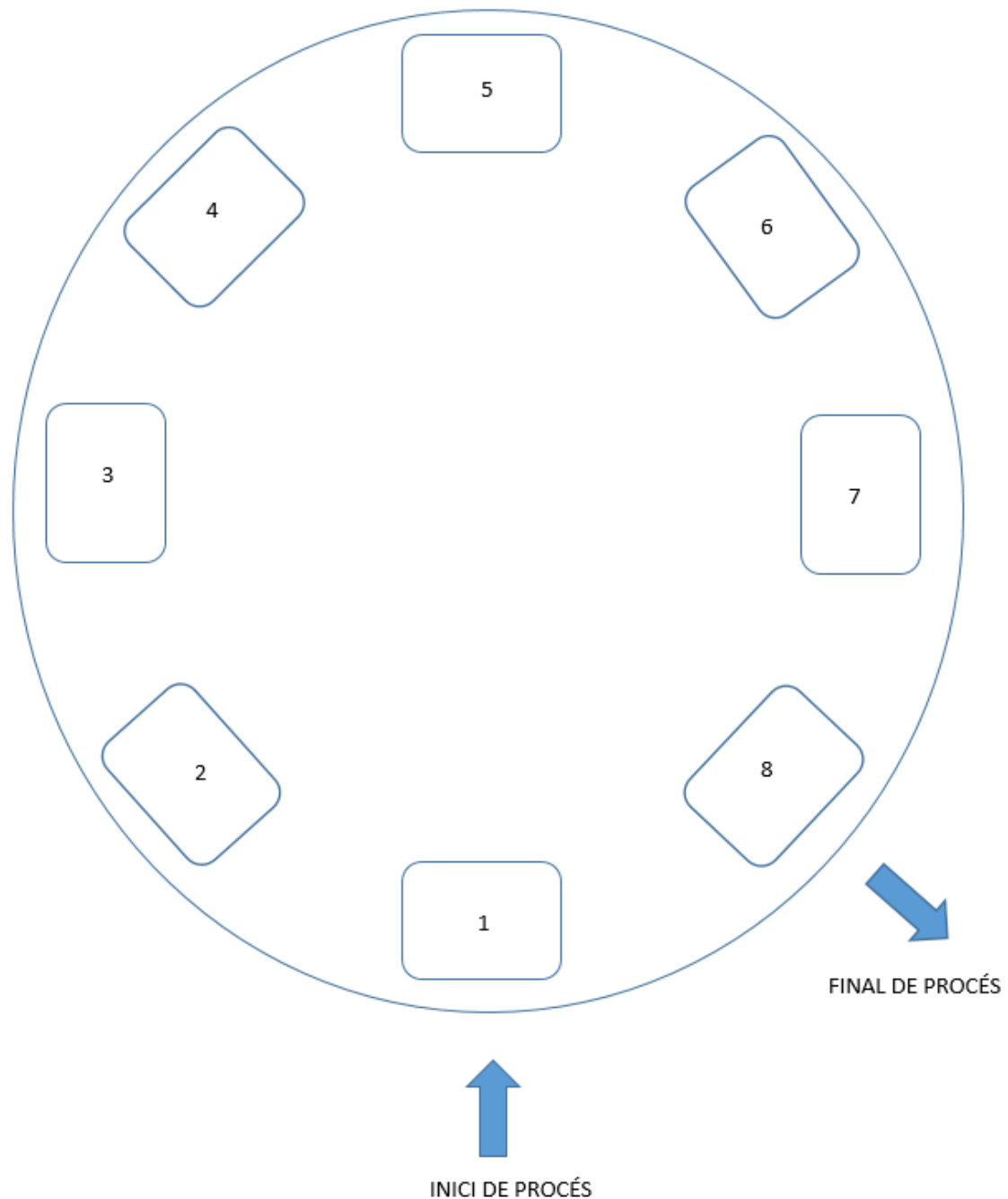
	Opció A	Opció B	Opció C
Inversió inicial (40%)	2	3	1
Cost producció x unitat (40%)	1	3	2
Temps de producció (20%)	1	2	3
Resultat: (Puntuació més alta la més òptima)	1,4	2,8	1,8

*Figura N° 47; Taula tria màquina; Font: Font pròpia*

Amb aquest resultats queda demostrat que la opció a triar es la opció B, la qual ens estalvia tres estacions de treball, menys temps de producció, menys inversió inicial i menys cost de peça.

### 3.1.2 Descripció detallada de cadascuna de les estacions de treball:

Un cop seleccionada la opció millor per al nostre objectiu final, s'ha de detallar per complert el funcionament de cadascuna de les estacions de treball que formen la nostra proposta definitiva, més enllà de les geometries, el que ha d'acomplir cadascuna de les estacions de la màquina.



*Figura Nº 48; Distribució final màquina; Font: Font pròpia*

#### Estació de treball número 1:

És aquí on s'inicia el procés de producció d'aquesta peça. En aquesta estació la màquina col·locarà en el posicionador de peces de la taula el primer element de la nostra peça final, la part de plàstic. Aquesta estació de treball la formarà un braç robòtic on se li col·locarà una eina específica per a que pugui agafar el plàstic i dipositar-lo al lloc que toca en el temps que requereixi l'acció.

L'alimentació de peces a aquesta estació es durà a terme mitjançant un sistema de vibració que mantindrà la màquina sempre assortida de material, i l'alimentació de material al sistema de vibració serà obligació de l'operari encarregat de la màquina.

Les peces que entren en aquest punt són peces bones ja que abans de ser agafades pel braç robòtic són mesurades en altura per làser ja que és la cota crítica de aquesta peça.

En cas que es detecti alguna peça durant el control serà separada en una capsa automàticament abans d'entrar a la posició en que el braç les agafa.

#### Estació de treball número 2:

En aquesta estació s'afegeix el FOAM en el centre de la part de plàstic. Aquesta estació treballarà igual que l'anterior, amb un braç robòtic i una eina específica per a portar el FOAM des de l'alimentació a l'útil de muntatge de la peça final.

L'alimentació de material en aquest punt es produeix mitjançant una barilla que guiarà l'escuma i que es col·locaran així una a una en una cinta de la qual el braç les anirà agafant.

#### Estació de treball número 3:

Aquí, la màquina col·loca sobre el plàstic i l'espuma la base metàl·lica. S'utilitza la mateixa metodologia que en l'estació primera, tant en la forma del braç com en l'alimentació de peces.

Les peces que entren en aquest punt són peces bones ja que abans de ser agafades pel braç robòtic són mesurades en altura per làser ja que és la cota crítica de aquesta peça.

En cas que es detecti alguna peça durant el control serà separada en una capsa automàticament abans d'entrar a la posició en que el braç les agafa.

#### Estació de treball número 4:

Aquesta és l'estació d'encolat, aquí se li aplica a la carcassa metàl·lica la cola necessària per a que no sobresurti a l'exterior un cop s'hagi afegit la peça que va a dintre de la carcassa.

Per aquesta estació haurem de dissenyar un suport per a que el sistema d'encolat pugui aproximar-se i separar-se dels utilatges centrals, per a que pugui entrar en contacte amb la cara interna de la carcassa metàl·lica i aplicar-li 4 punts de cola, ja que és un assortidor normalitzat de encolat que se'ns adapta a la perfecció.

Aquesta acció d'aproximació i allunyament ho durà a terme un actuador pneumàtic que li donarà el moviment lineal que necessita.



#### Estació de treball número 5:

En aquest punt col·loquem l'ímant totalment desímantat en l'interior de la carcassa metàl·lica ja encolada.

Les peces que entren en aquest punt són peces bones ja que abans de ser agafades pel braç robòtic són mesurades en altura per làser ja que és la cota crítica de aquesta peça.

En cas que es detecti alguna peça durant el control serà separada en una capsa automàticament abans d'entrar a la posició en que el braç les agafa.

#### Estació de treball número 6:

Aquí es produeix el clipatge final de la peça i amb l'ímant muntat s'ímanta també en aquesta estació.

Per a dur a terme aquesta operació, igual que en l'apartat 4 hem de dissenyar un suport per a poder dur a terme aquestes operacions i serà comandat també per actuadors pneumàtics per a poder realitzar el seu moviment.

#### Estació de treball número 7:

En aquesta estació es verifica el flux magnètic, les peces bones passen a la estació següent, les dolentes també però no es produeix res en aquesta estació amb aquestes peces, son treballades en la estació número 9.

Haurem de dissenyar també un útil per a adaptar les bobines normalitzades per a poder realitzar les medicions.

#### Estació de treball número 8:

Les peces OK són empaquetades en aquest punt amb el packaging ja establert amb el client final mentre que les peces que no són correctes se separen en un contenidor de peces rebutjades, que ho fa el propi braç pneumàtic que col·locarem en aquesta posició.

### 3.2 Disseny dels components necessaris:

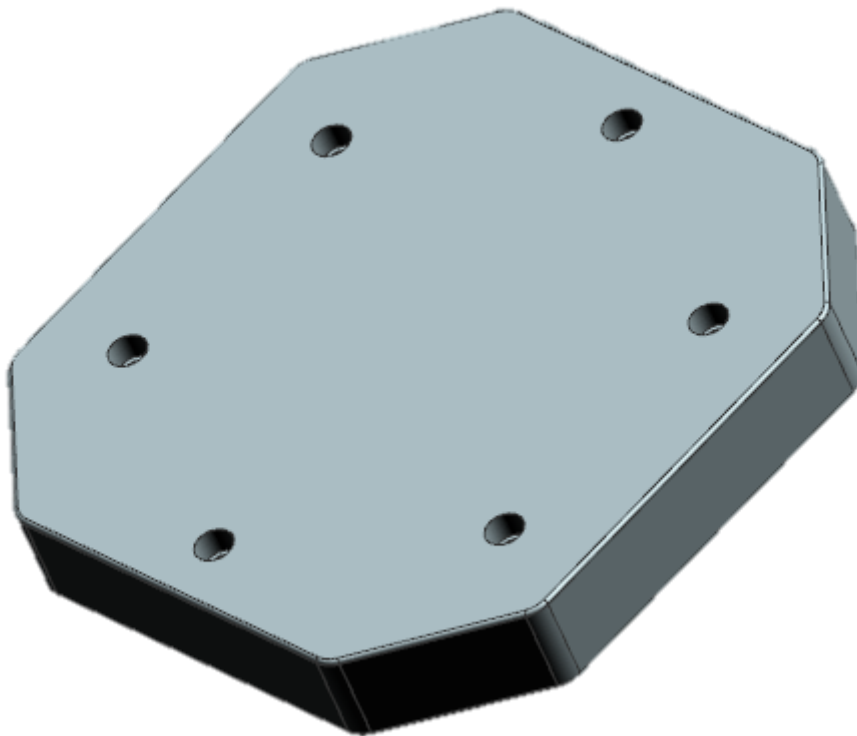
Sabent les necessitats i limitacions amb les que comptem hem de dissenyar les estacions de treball número 4, 6 i 7 per complert, també hauréu de dissenyar per a la resta de estacions de treball l'ancoratge del braç robòtic a la bancada.

A l'hora de dissenyar procurarem dissenyar el major nombre de peces iguals, i dissenyar peces lo més senzilles de mecanitzar per a abaratir els costos del mecanitzat de les mateixes.

#### 3.2.1 Suports base:

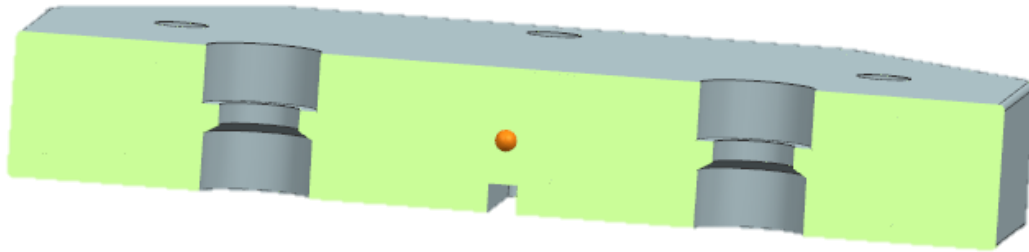
Així doncs, mirarem de fer una suport base comú per a totes les estacions de treball després l'acabat final, forats per acoblar-los a la resta de components que formaran aquella estació anirà en funció del seu ús.

Hem de tenir en compte que la funció que han de acomplir tots els suports base és la de fixar el components que formen la estació de treball a la bancada de la màquina així que tots els suports estaran equipats amb forats per 6 cargols de M12 que roscaran amb la taula directament.



*Figura N° 49; Suports base; Font: Font pròpia*

La estructura base és comú com ja hem comentat anteriorment, la única diferència entre la base del braç robòtic i la de la resta d'estacions és com uneixen amb la resta del component, la unió anterior és mitjançant dues barres que guien el suport central i la unió amb la base es mitjançant cargols de mètric 24.

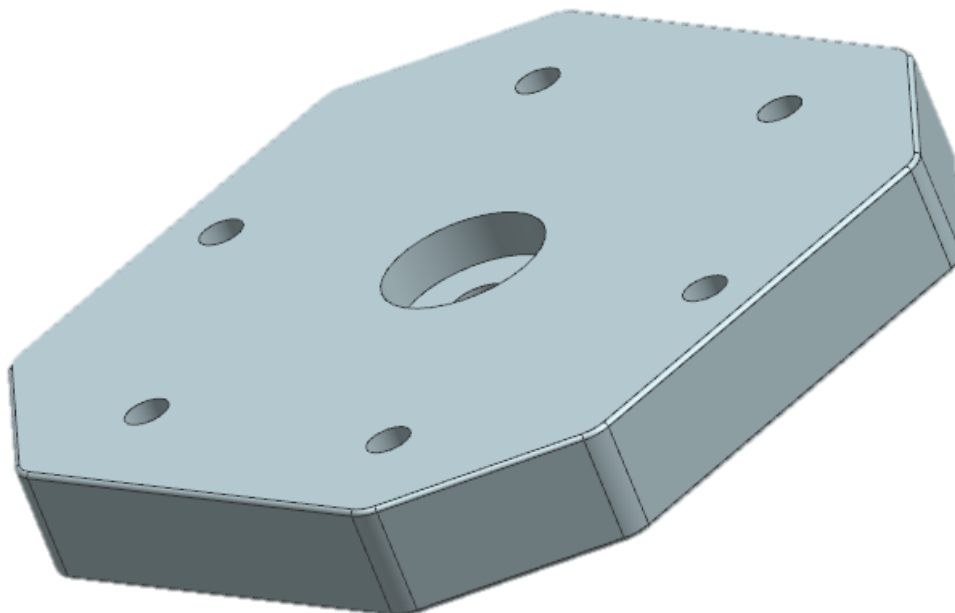


*Figura N° 50; Base amb barres; Font: Font pròpia*

L'altre diferència notable entre les dues estructures bases és la regata central en la cara de contacte amb la taula que podem observar en la imatge anterior. Aquesta regata està dissenyada amb l'objectiu de facilitar la col·locació d'aquest component en la taula ja orientada en l'eix de treball de la mateixa.

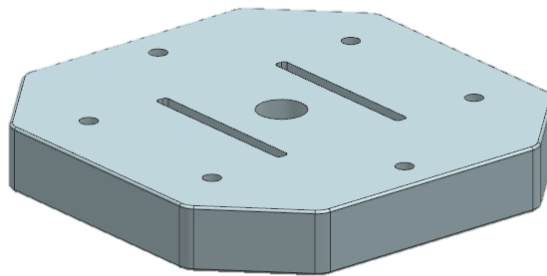
Per a la base del braç robòtic hem seguit el mateix criteri que en la base dels altres components, però per qüestions de disseny i també per a diferenciar una base de l'altre tipus de base funciona amb dues regates a la cara de contacte amb la taula.

Un altre diferència és que en lloc de treballar amb les dues barres, el cos del suport del braç robòtic treballarà amb un únic cos, però anirà col·locat seguint el mateix criteri que les barres esmentades anteriorment.

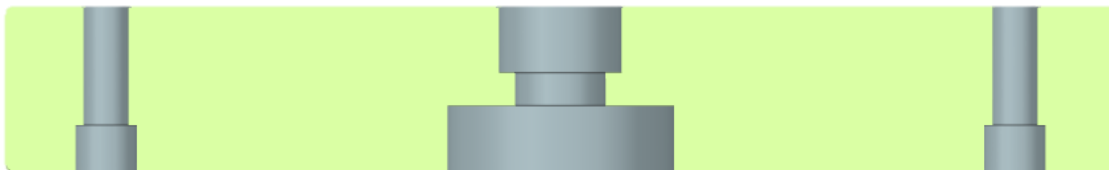


*Figura N° 51; Base suports braç robòtic; Font: Font pròpia*

En aquesta imatge veiem la diferència entre les dues bases a l'hora de fer l'anclatge amb la resta dels components, i tot seguit veurem la diferència en la unió amb la taula.



*Figura Nº 52; Cara contacte base suport braç robòtic; Font: Font pròpia*



*Figura Nº 53 Secció base suport braç robòtic; Font: Font pròpia*

Un cop ja hem establert els dos tipus de anclatge dels components a la bancada de la màquina hem procedit al disseny de la resta de components, i aquests es divideixen en 3 tipus:

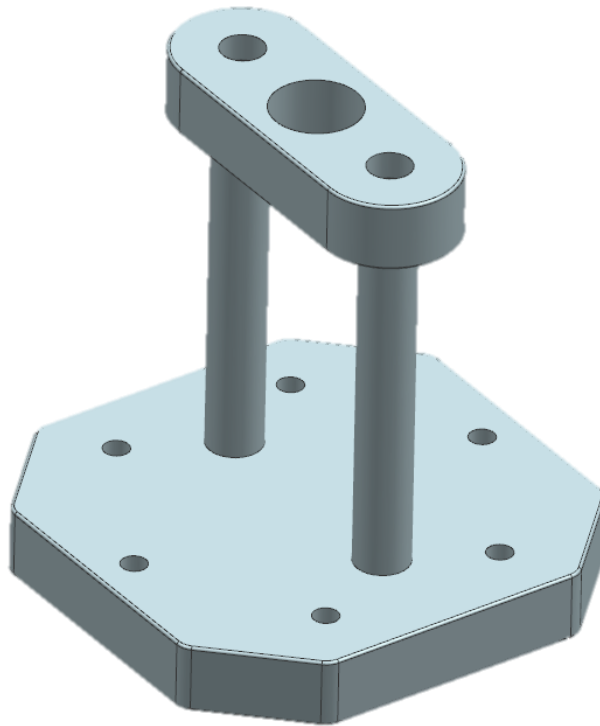
- Disseny de l'estació del fluxòmetre i de l'encolat
- Disseny de l'estació de imantació + premsa
- Disseny del cos que suporta el braç robòtic

### 3.2.2 Disseny de l'estació del fluxòmetre i de l'encolat

La idea de disseny de les estacions que no compten amb braç robòtic és la de tenir una estructura comú per a les totes, només canviant l'eina específica de treball.

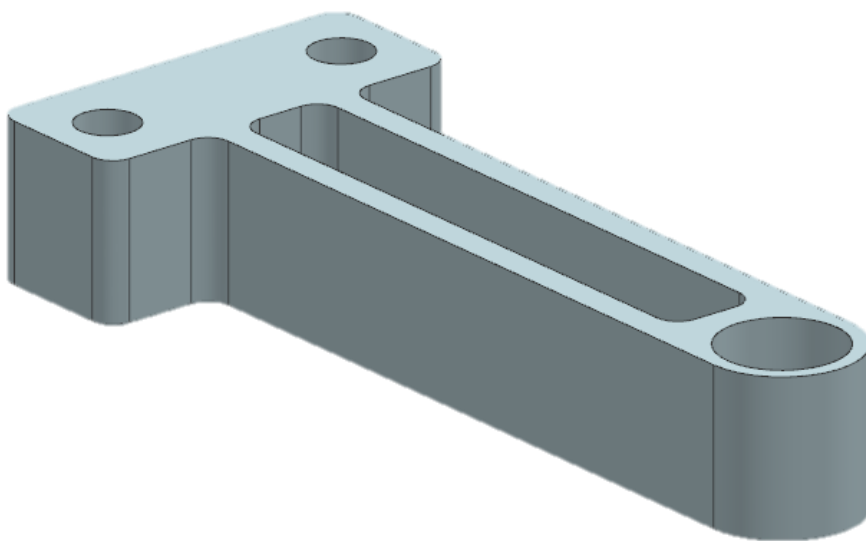
En el cas del fluxòmetre i de l'encolat, tota l'estació serà comú ja que la màquina d'encolar i la bobina del fluxòmetre podem adaptar-les a les mateixes dimensions, així reduïm costos de fabricació i obtenim una màquina més senzilla de fabricar.

Hem optat per un disseny de dues barres per on lliscarà el suport que realitzarà la operació en la estació que li pertoqui, amb un límit superior amb un forat central per a poder col·locar l'actuador pneumàtic encarregat de regular aquest moviment.



*Figura Nº 54; Part comú estacions Fluxòmetre, imantat, encolat; Font: Font pròpia*

El suport del fluxòmetre i de l'encolat quedarà de la següent manera:

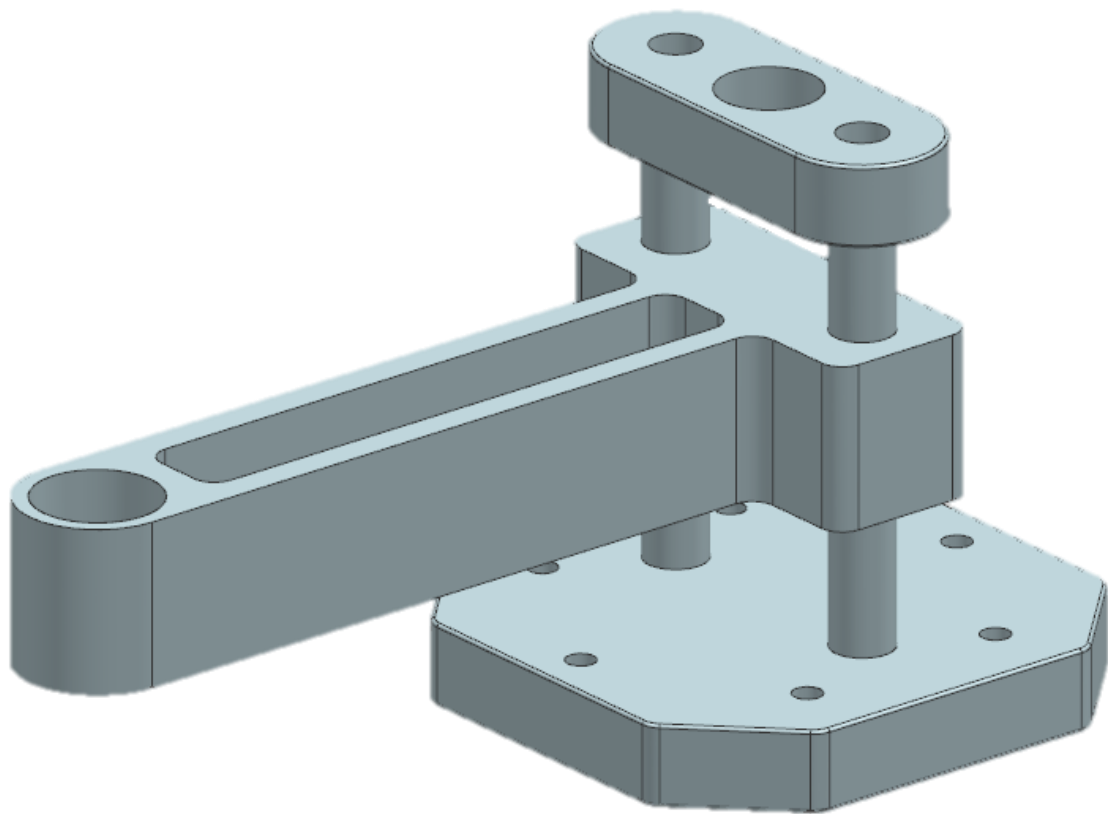


*Figura Nº 55; Suport fluxòmetre i encolat; Font: Font pròpia*

El suport estarà conduït pels dos forats que treballaran com a guies, i en el diàmetre gran estarà col·locat en el cas del fluxòmetre una bobina que mesurarà les variacions de flux magnètic al tenir la peça final en el seu interior i en el cas de l'encolat hi anirà col·locat un dipòsit de plàstic amb cola líquida en el seu interior, que quan s'acosti a la cara de la peça que ha d'encolar mitjançant dos extractors, deixarà la cola sobre la peça.

Tant el mecanisme de cola com la bobina del fluxòmetre són elements normalitzats.

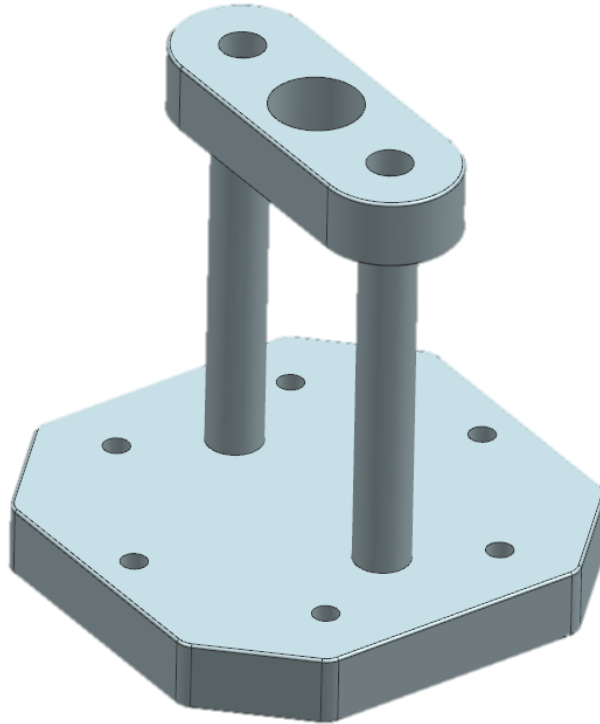
El mecanisme muntat sencer queda de la següent manera:



*Figura Nº 56; Estacions de treball 4 i 7 (Encolat i fluxòmetre)*

### 3.2.3 Disseny de l'estació de imantació + premsa:

L'estructura general és la mateixa per a totes les estacions de treball que no tenen braç robòtic com hem comentat anteriorment, així que treballarem sobre la mateixa base:

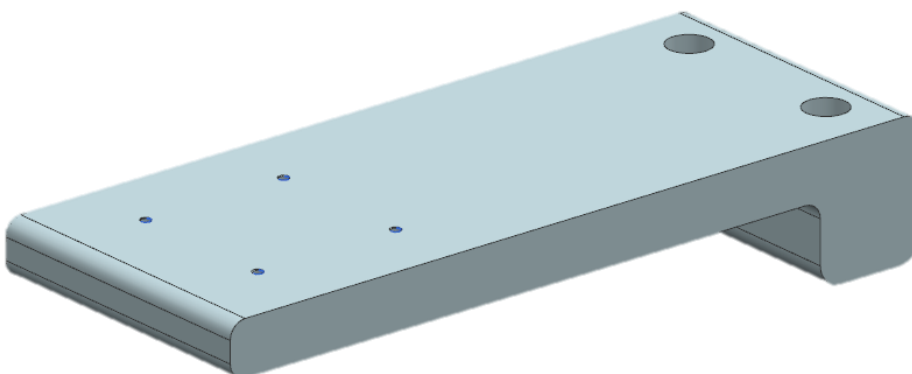


*Figura N° 57; Part comú estacions 4, 6 i 7 (Encolat, imantat+premsat, Fluxòmetre); Font: Font pròpia*

Ara ens hem de centrar en aconseguir un suport on poder roscar la bobina de imantació, i que a l'hora ens faci la funció de premsa que fixi la nostra peça.

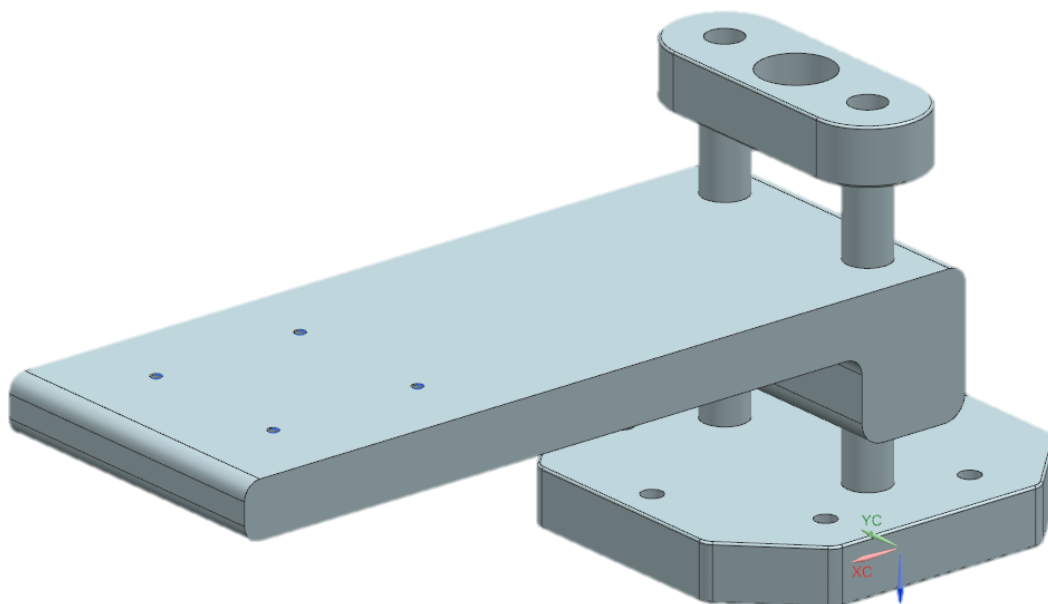
En aquest suport hem de tenir on roscar la bobina, ja que el fixar la peça ho farà el propi interior de la bobina ja que l'altura de l'interior de la bobina l'escollim nosaltres.

El suport ens ha quedat de la següent forma:



*Figura N° 58; suport bobina; Font pròpia*

I per últim el muntatge sencer quedarà de la següent manera:



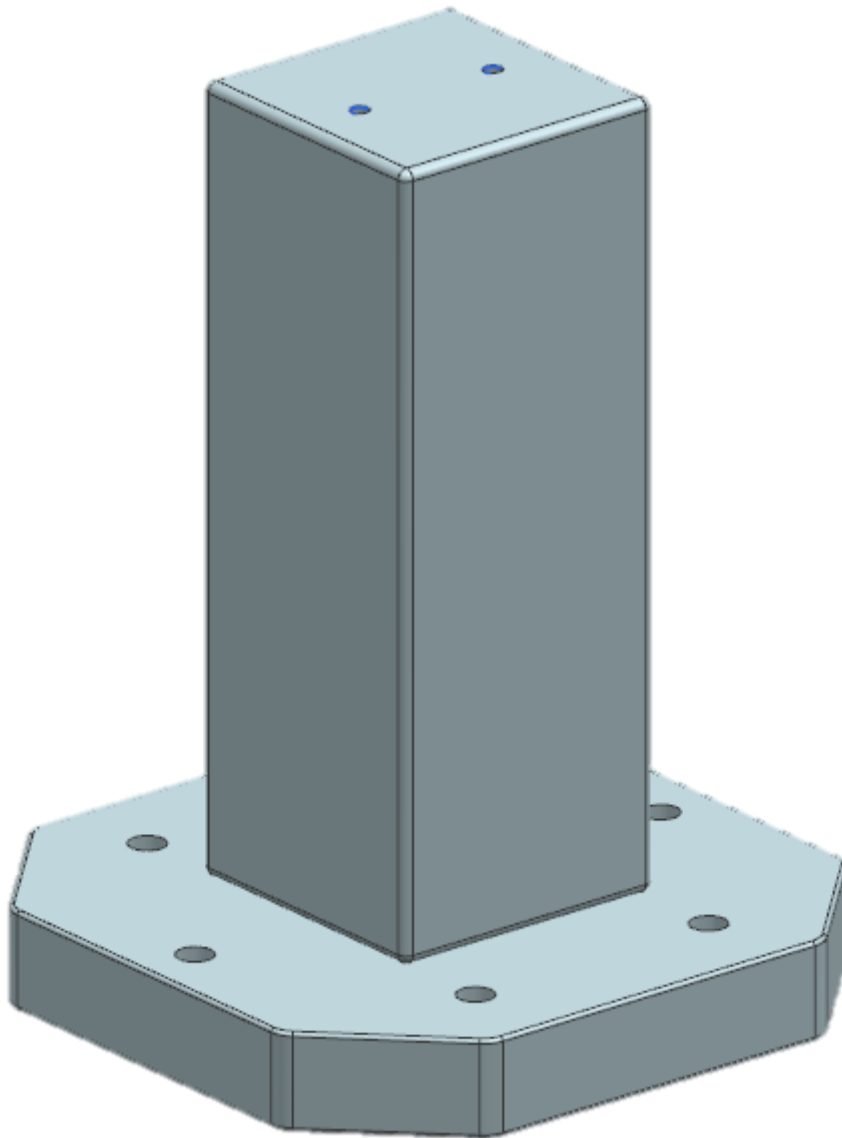
*Figura N° 59; Estació de treball N° 6; Font pròpia*



### 3.2.4 Disseny del cos que suporta el braç robòtic:

En aquesta estació utilitzarem la base específica per al braç robòtic. El cos que ha de suportar el braç robòtic es tracta d'un utillatge senzill i pràctic ja que únicament ha de suportar una càrrega axial, i a més, aquesta és molt petita.

El suport ens queda de la següent manera:



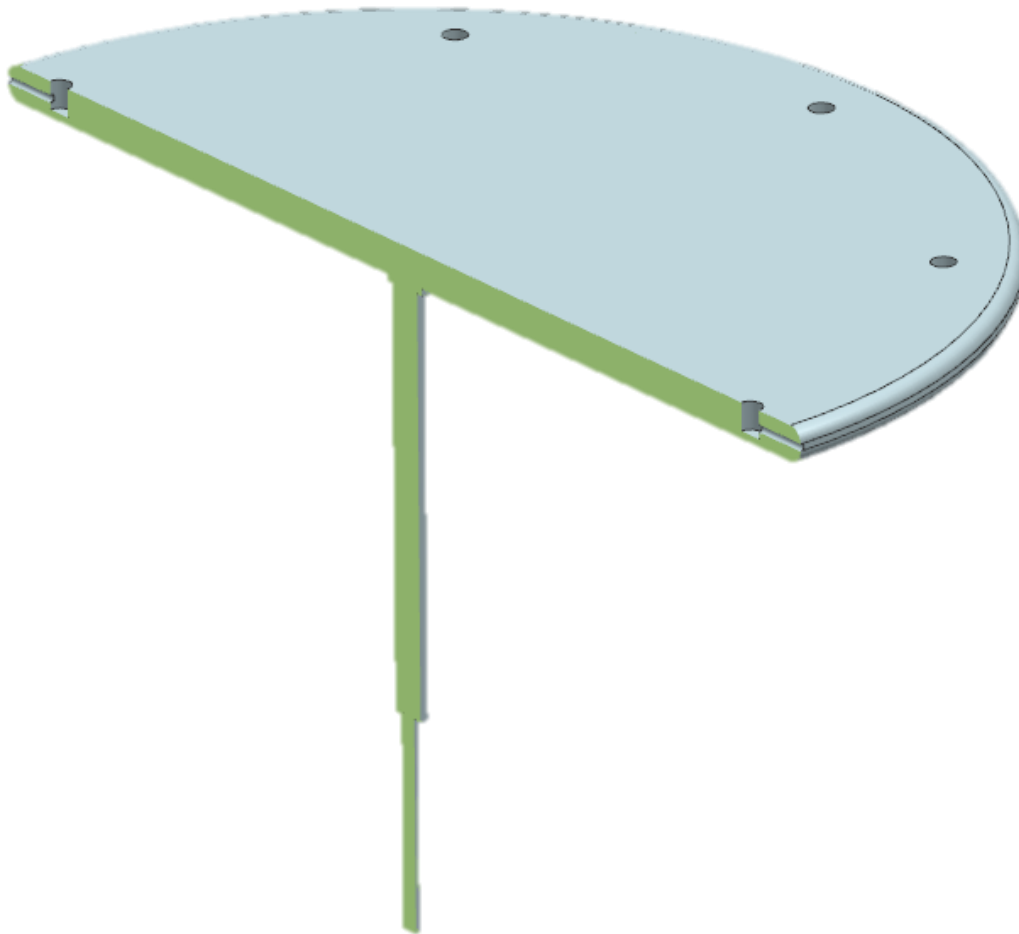
*Figura Nº 60; Base braç robòtic; Font: Font pròpia*

### 3.2.5 Disseny de taula central giratòria:

#### 3.2.5.1 Primera idea de disseny:

La nostra màquina té un plat giratori en el punt central on aniran acoblats els utillatges on es treballarà.

Inicialment es va plantejar la opció de dissenyar la taula i l'eix que li dona moviment com a una única peça.



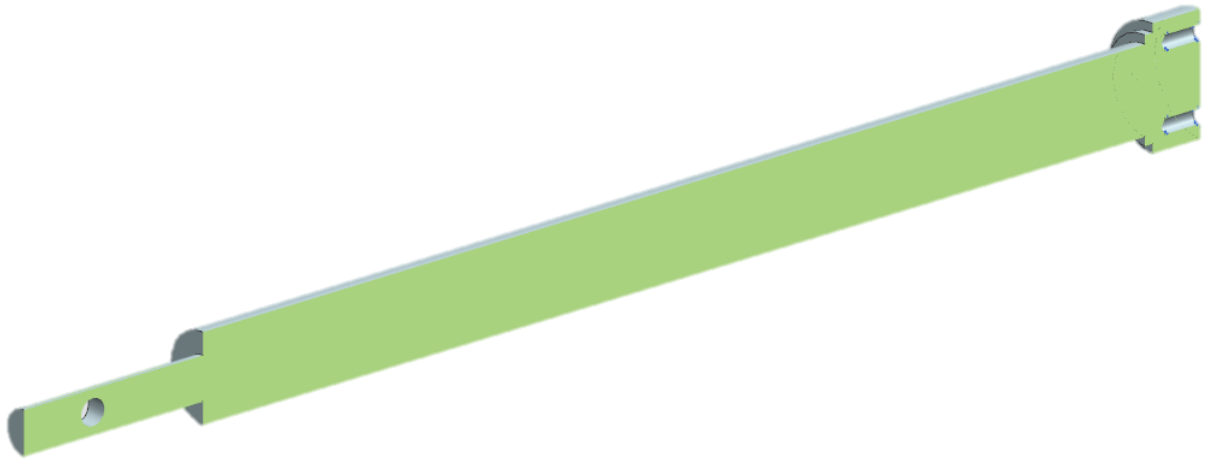
*Figura N° 61; Primera idea de disseny taula superior giratoria; Font: Font pròpia*

No resulta una opció gaire adequada ja que per muntar i desmuntar aquest element de la manera en que està dissenyat resulta molt incòmode, també comptem amb que no resulta la millor opció tampoc a l'hora de treballar.

#### 3.2.5.2 Idea definitiva:

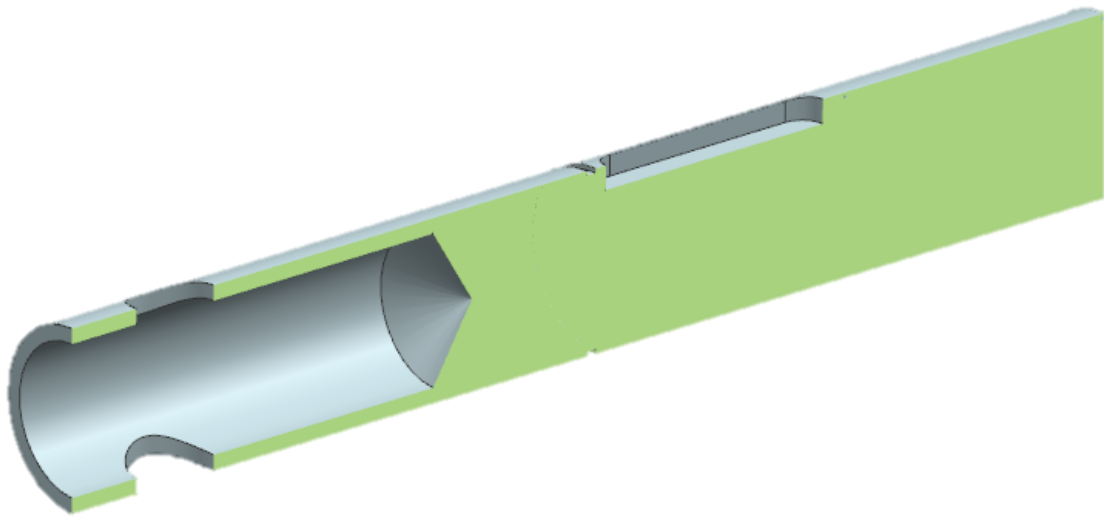
Es planteja un re disseny d'aquest primer model separant per un cantó el disc superior, i per un altre banda l'eix de treball.

L'eix es separa en dos parts, eix superior i eix inferior que aniran units per un passador, aquesta divisió es duu a terme degut a la necessitat d'incorporar una xaveta en la part final de l'eix ja que s'ha de col·locar un engranatge solidari que rebrà el gir del motor.



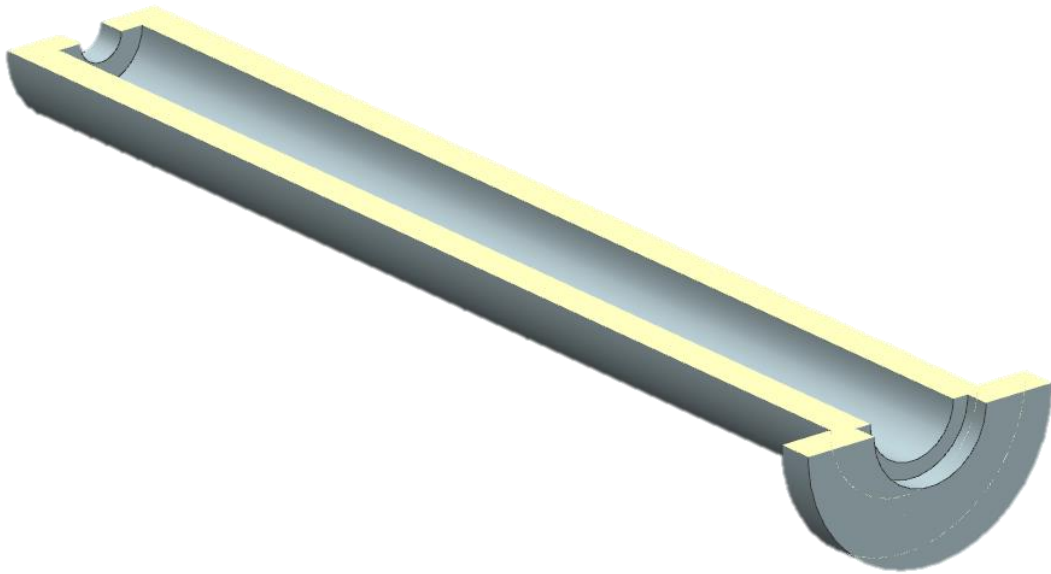
*Figura N° 62; Eix superior; Font: Font pròpia*

A continuació del forat de la part de l'eix més estreta és on adjuntem l'eix inferior.



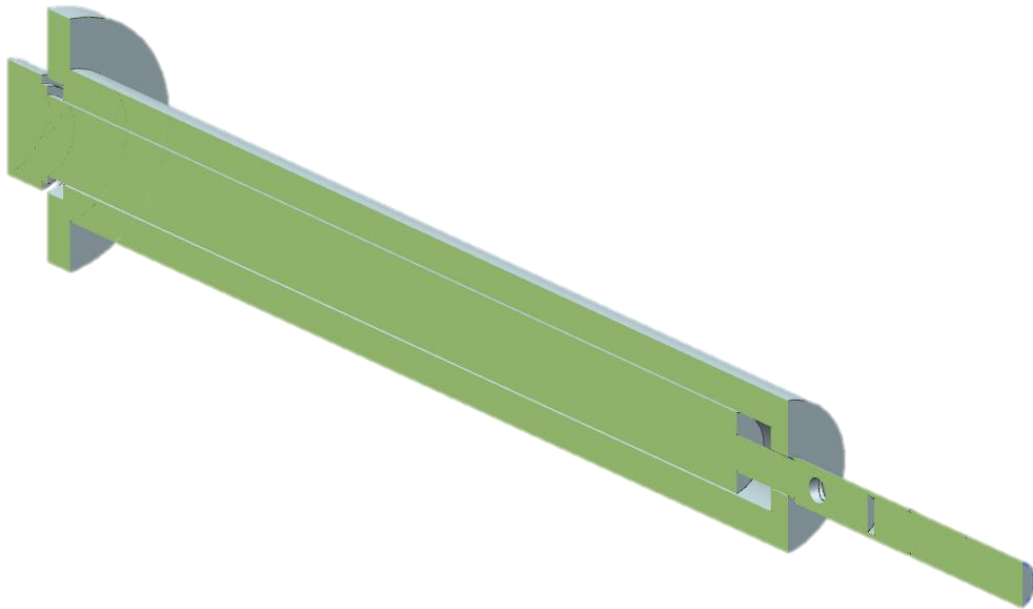
*Figura N° 63; Eix inferior; Font: Font pròpia*

Envoltarem tot l'eix amb un cos on hi col·locarem dos rodaments per a centrar i dirigir l'eix.



*Figura Nº 64; Cos eix; Font: Font pròpia*

De tal manera que el muntatge final quedarà de la següent forma:



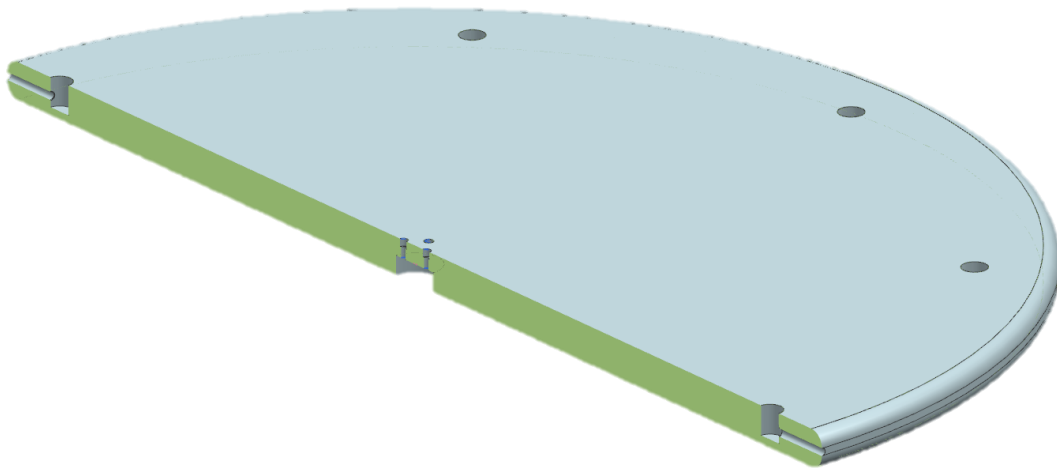
*Figura Nº 65; Muntatge Eix; Font: Font pròpia*

Els dos allotjaments que queden són per col·locar:

- En el superior un rodament axial simple de diàmetre extern 70 mm i intern 50 mm
- En el inferior, dos rodaments axials seguits per a suportar millor la càrrega de diàmetre extern 52 mm i intern de 25 mm.

Amb els diàmetres interns de aquests rodaments guiarem l'eix per l'interior del cos i aconseguirem així que la taula giratòria superior no pugui flexar quan se li apliqui la carrega màxima que no és superior als 250 N.

Finalment, unirem la part superior de l'eix, mitjançant cargols de M10, amb el plat superior on estan col·locats els utillatges que ens ha quedat de la següent forma:

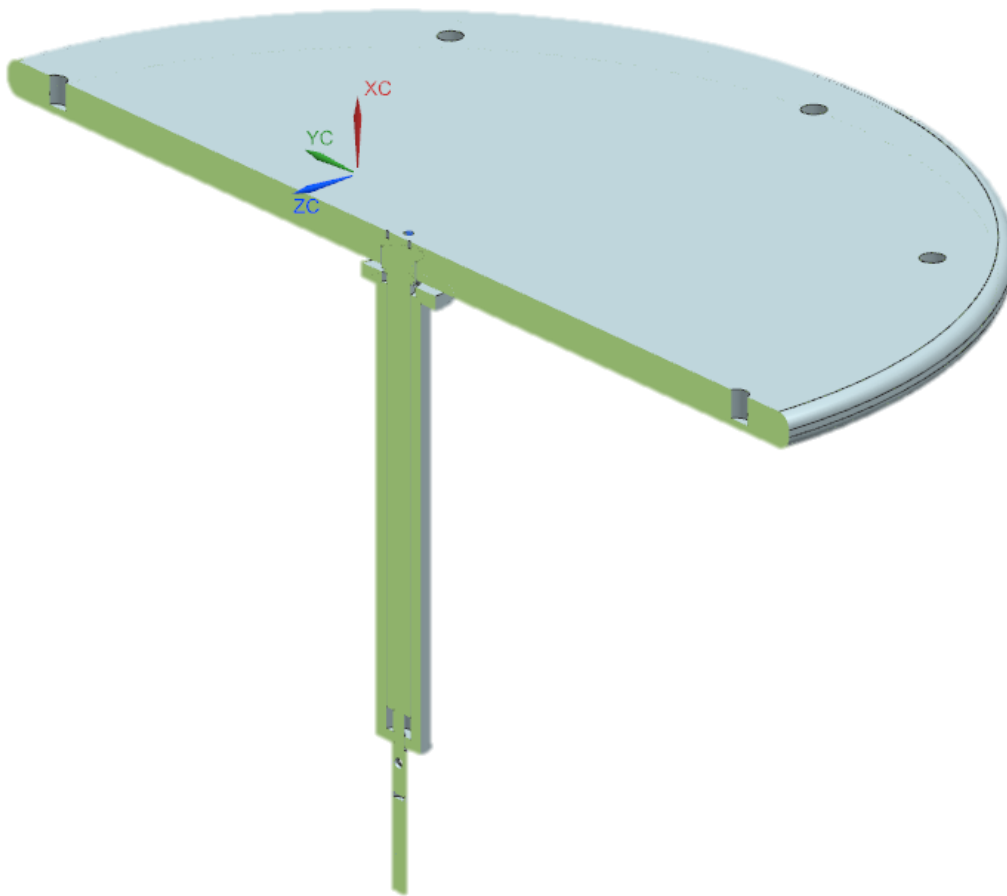


*Figura Nº 66; Secció taula superior; Font: Font pròpia*

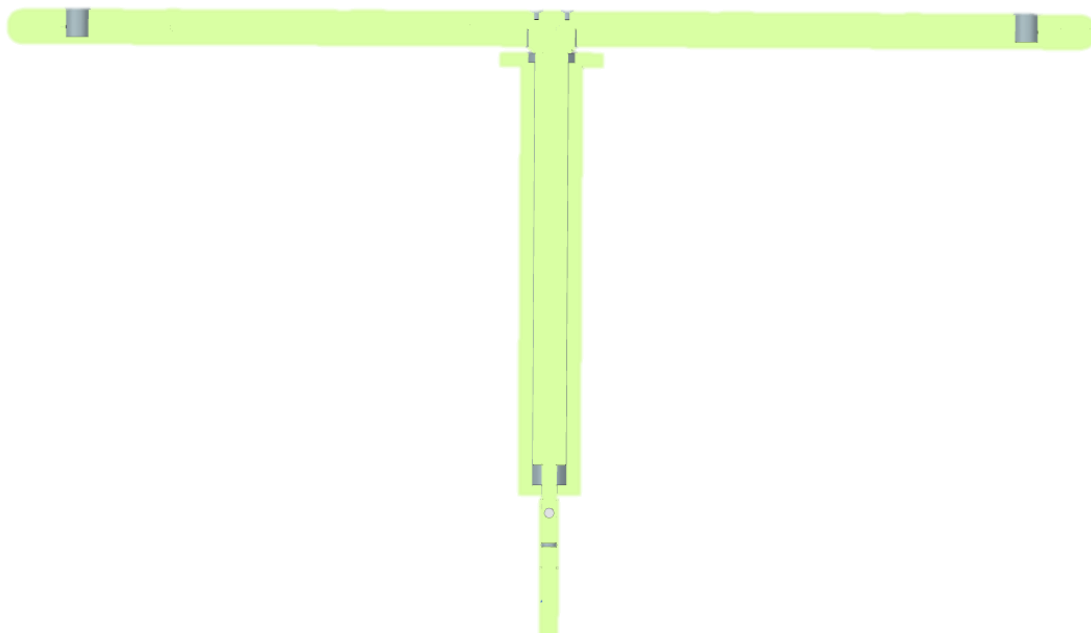


*Figura Nº 67; Taula superior; Font: Font pròpia*

Per últim, mostrarem com queda tot el conjunt de peces que formen la taula superior rotatòria:



*Figura N° 68; Secció 1 muntatge final taula superior; Font: Font pròpia*



*Figura N° 69; Secció 2 muntatge final taula superior; Font: Font pròpia*

Per tal de dimensionar la taula rotatòria hem de tenir en compte també el disseny de la taula bancada, ja que serà aquesta la que ens marcarà la col·locació dels utilitatges centrals així que tot seguit procedim a explicar el procés de disseny de la taula bancada.

### 3.2.6 Disseny de la taula bancada de la màquina:

#### 3.2.6.1 *Primera idea de disseny:*

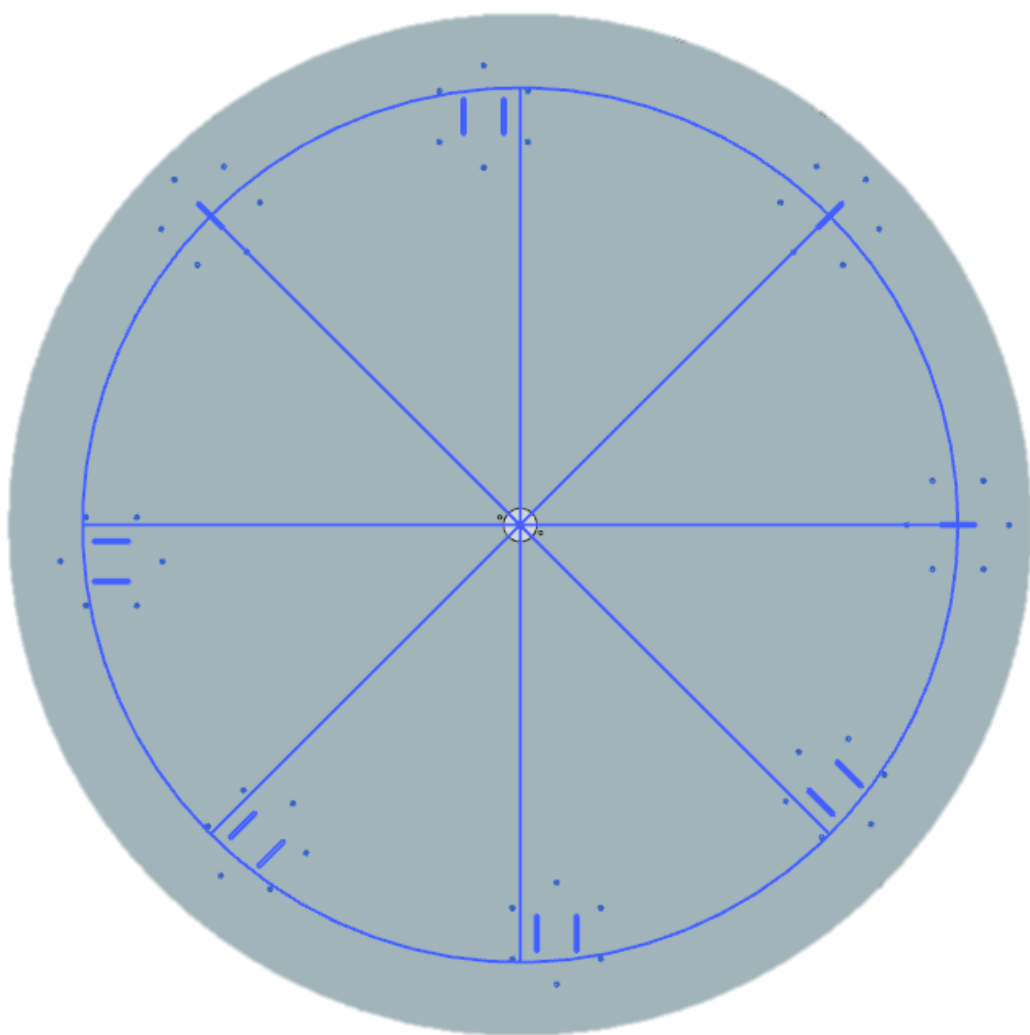
La taula bancada és l'element encarregat de suportar el pes de les diferents estacions de treball, és a dir, dels utilitatges que ja hem dissenyat amb anterioritat.

Un cop tenim les estacions de treball dissenyades i dimensionades, hem començat fent una disposició de totes les estacions de treball per a saber quin ha de ser el diàmetre de la taula bancada, és important no únicament que hi càpiguen totes les estacions, sinó que s'ha de tenir en compte també els moviments que tenen cadascuna, i que aquests no poguessin arribar a provocar una col·lisió per exemple entre dos braços de dues estacions diferents.

Coneixent els desplaçaments que pot tenir cadascuna de les estacions ens ha quedat una disposició tal que aquesta:



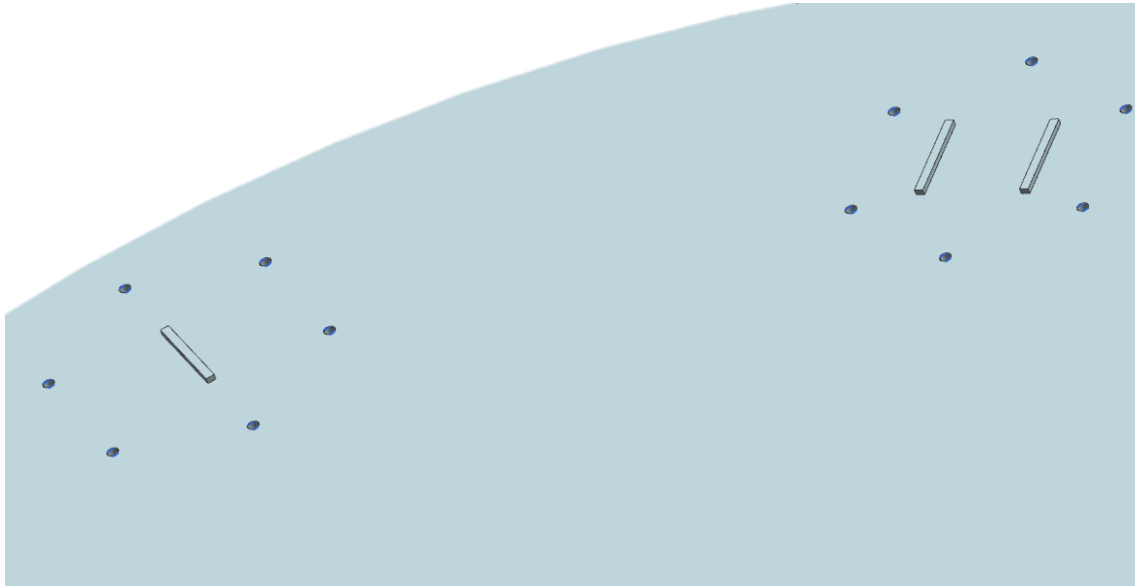




*Figura N° 71; Col·locació de les estacions sobre la taula bancada; Font: Font pròpia*

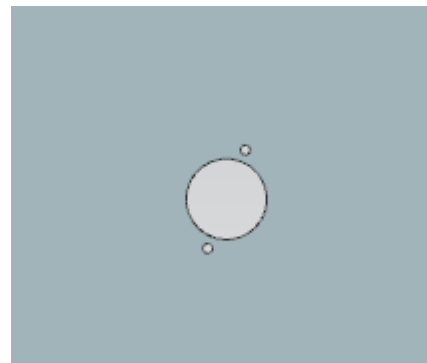
Els forats ens indiquen on aniran subjectes les diferents estacions, i els rectangles són petits sortints pel que ja hem comentat anteriorment, col·locar de forma precisa els components i, a més a més, ens facilitarà en gran part ubicar el forat dels suports amb els de la taula per a fixar-ho amb la taula.

Aquestes regates quedaran de la següent manera:



*Figura N° 72; Vista de les diferents regates; Font: Font pròpia*

En el centre de la taula podem veure que hi ha un forat, aquest es per col·locar el cos sobre el qual anirà rotarà la taula superior giratòria. El cos de la taula giratòria anirà fixat amb la taula per mitjà de dos cargols de mètric 10 que entraran des de l'altre cara de la taula, deixant així la cara superior lliure de cargols.

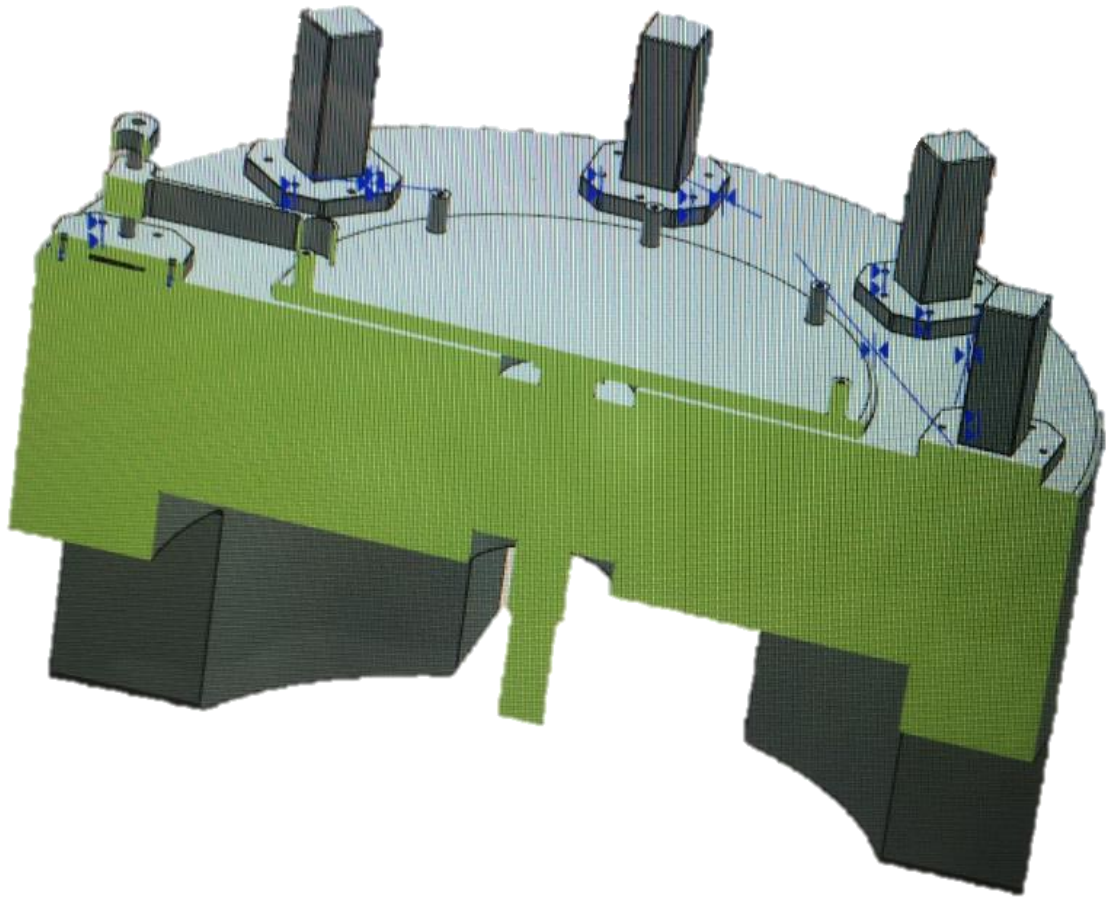


*Figura N° 73; Forats centrals per que passi l'eix; Font: Font pròpia*

Un cop tenim definida la cara superior de la màquina presentarem l'estructura total de la taula bancada de la màquina.

La idea inicial va ser intentar dur a terme mitjançant mateixa peça tot el conjunt taula bancada. No va resultar una opció del tot òptima ja que per produir aquesta peça es malgastaria massa material.

La idea era la següent:

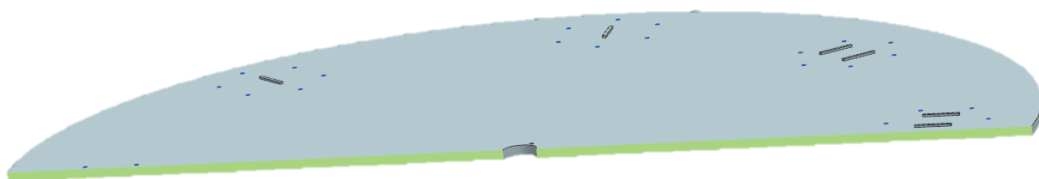


*Figura N° 74; Resultat del primer disseny; Font: Font pròpia*

Aquesta idea inicial resultava excessivament sobredimensionada, complicada de fer i com ja hem comentat també resultava un excessiu desaprofitament de material.

#### *3.2.6.2 Idea definitiva:*

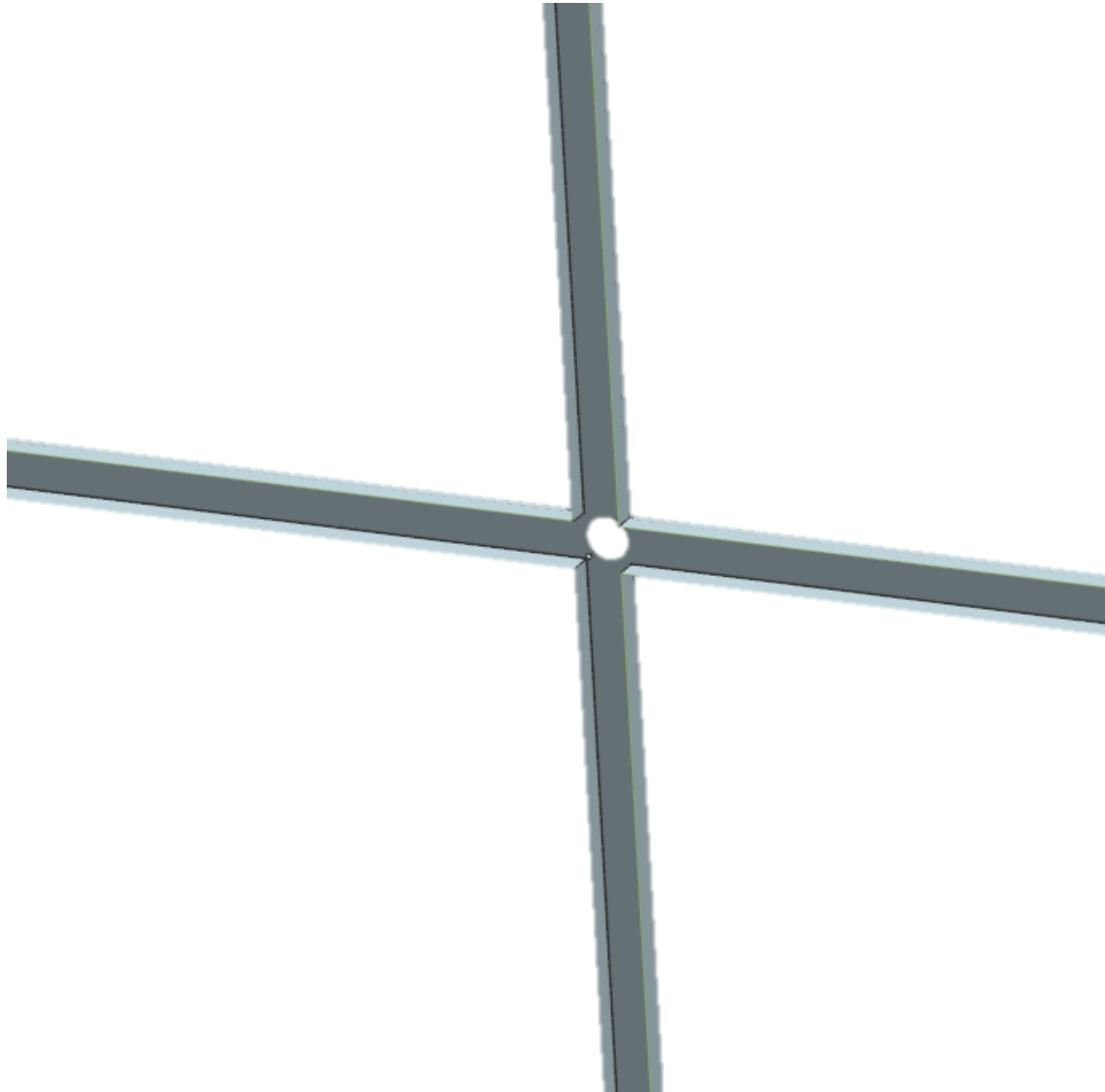
Conservant el disseny de la cara superior de la taula, es proposa redissenyar la taula en diferents components, en primer lloc s'ha de reduir en gran part l'ús de material, així que es proposa dissenyar la taula com a un únic disc, disseny que ens queda de la següent manera:



*Figura N° 75; Taula base final; Font: Font pròpia*

Com hem reduït bastant de material, tot i que el pes que ha de suportar la taula tampoc es gaire excessiu, hem decidit reforçar-ho amb una estructura en forma de creu de tub quadrat estructural de 100x100mm per paret de tub de 2.5 mm d'acer inoxidable, amb lo que li aportarem un extra de rigidesa a tota l'estructura, assegurant així qualsevol possibilitat de flexió en la superfície de la taula.

L'estructura és la següent:

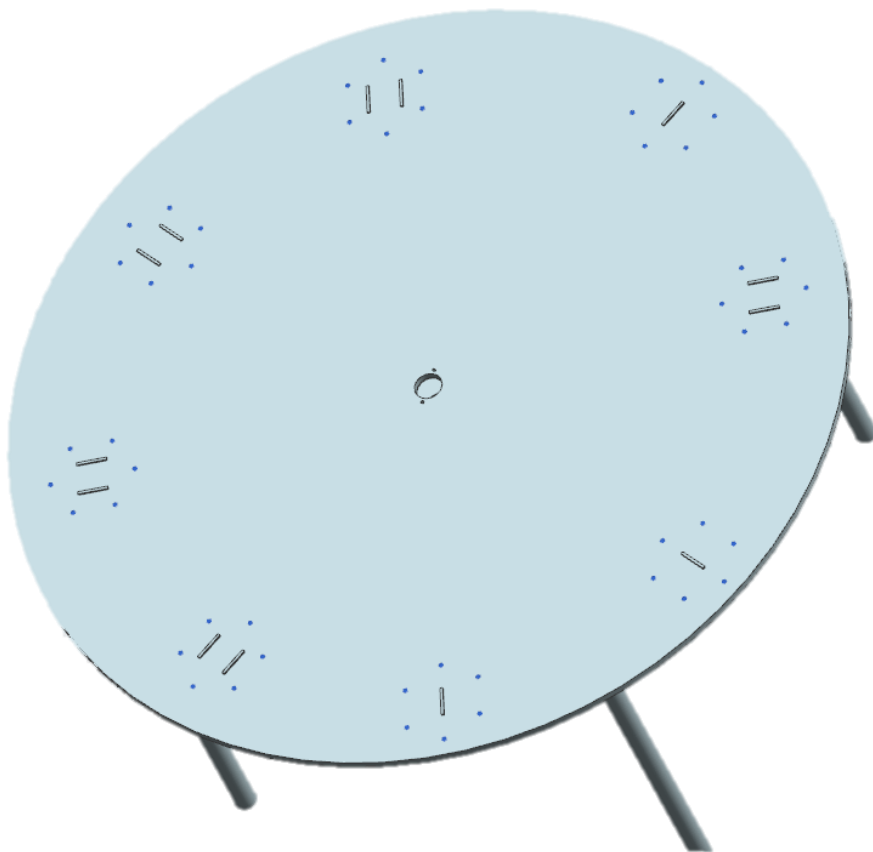


*Figura Nº 76; Estructura Taula bancada; Font: Font pròpia*

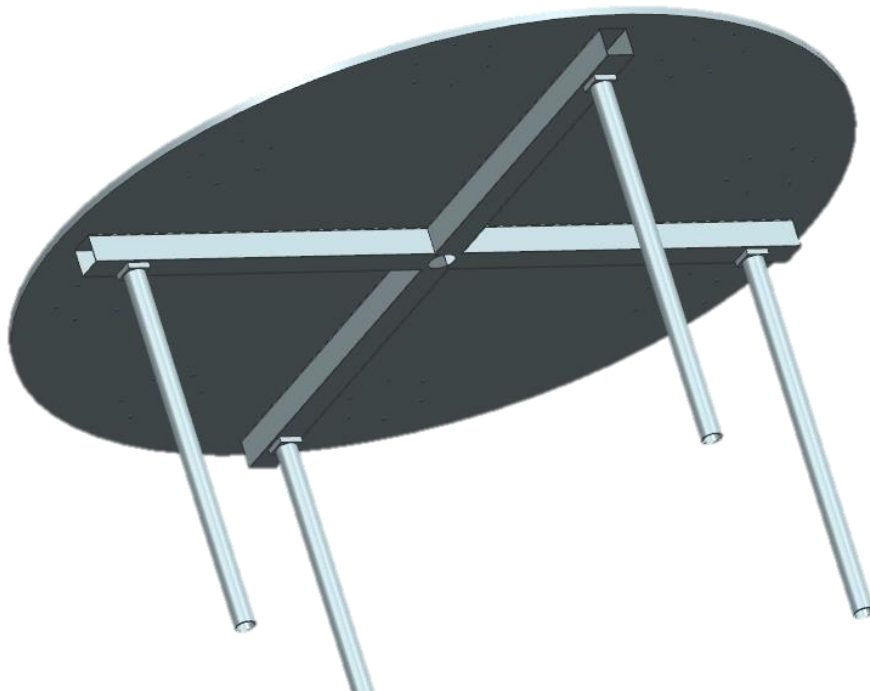
Soldat a aquest tub hi anirà una petita pletina a la qual soldarem també les potes. Les potes les hem fet de tub rodó d'acer inoxidable amb una paret de tub de 5 mm.

Amb aquesta descomposició de la màquina en diferents peces, hem reduït el pes notablement, també això es veu reflectit en la quantitat de material a emprar, i finalment en el preu. Reduïm clarament les costes de producció i ens queda una taula totalment resistent.

Finalment el disseny de la taula bancada queda de la següent manera:



*Figura Nº 77; Disseny final taula bancada 1; Font: Font pròpia*



*Figura Nº 78; Disseny final taula bancada 2; Font: Font pròpia*

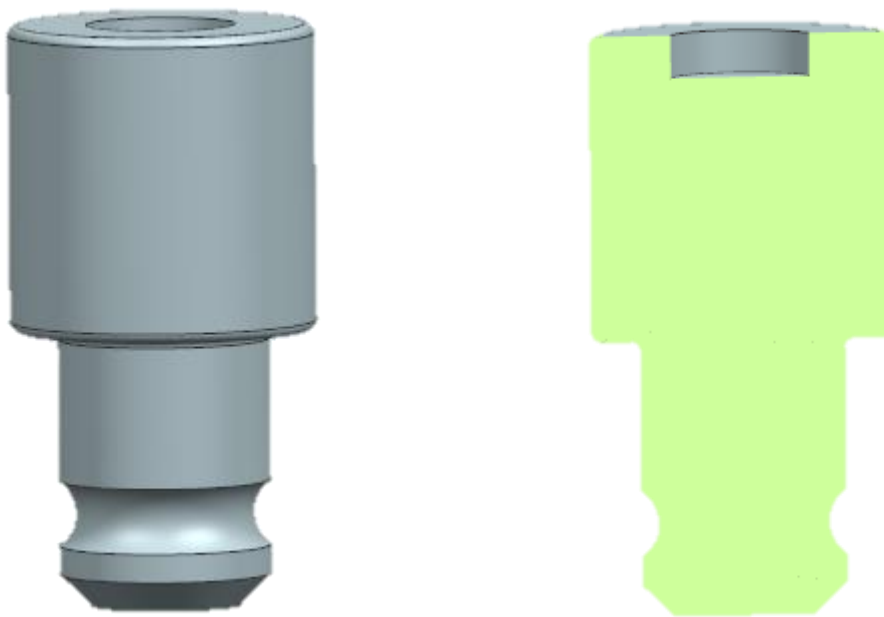
### 3.2.7 Disseny dels utillatges per col·locar les peces a la taula giratòria:

A l'hora de dissenyar els utillatges hem volgut tenir en compte la tecnologia SMED que hem explicat en la memòria del projecte. Hem volgut tenir en compte aquesta tecnologia ja que tenim un altre peça bastant semblant i que pràcticament té el mateix procés de producció, amb el que podríem utilitzar també aquesta màquina. Així que únicament canviant els utillatges podríem produir les dues referències.

Aquesta màquina s'ha pensat únicament per la peça que hem explicat al principi degut a que el volum de peces anual és superior a milió de peces anuals, mentre que l'altre peça té únicament un volum de ventes actualment de 200.000 peces anuals.

Però ja que estem dissenyant des de 0 aquesta màquina ens resulta interessant aplicar aquesta tecnologia per així en un futur poder produir les dues peces en aquesta màquina aplicant el canvi ràpid de utillatges.

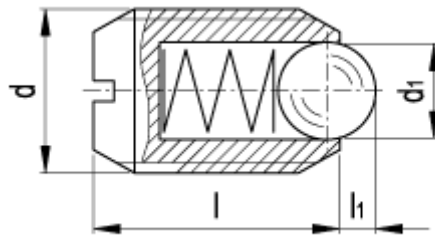
El nostre utillatge ha quedat de la següent forma:



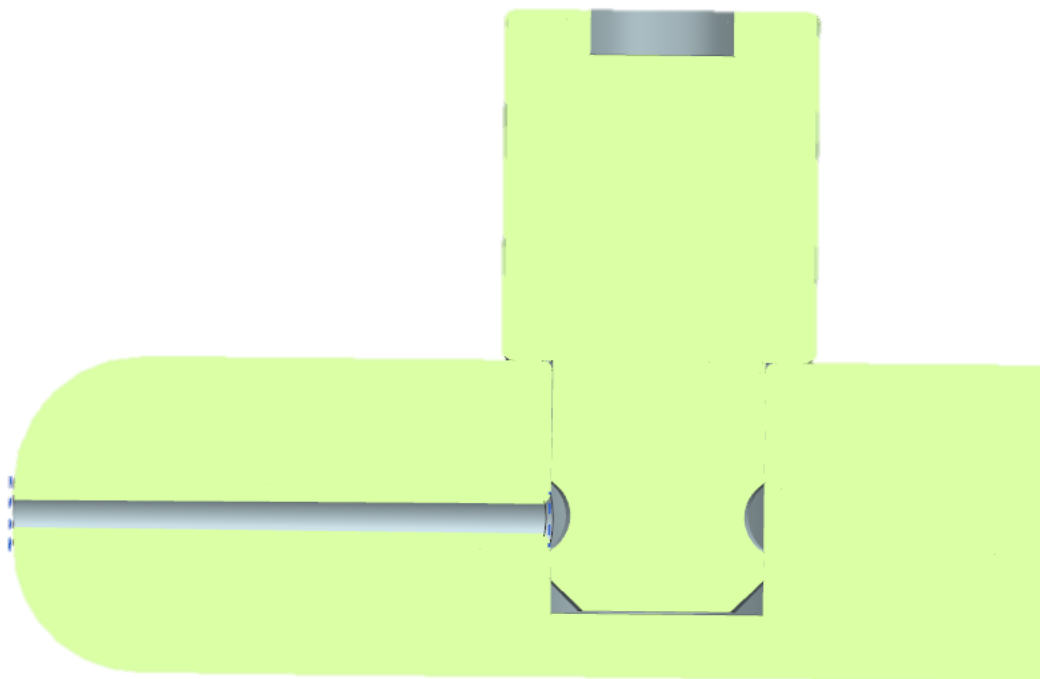
*Figura Nº 79; Utillatge suport peça; Font: Font pròpia*

Hem de tenir en compte que aquest element va directament lligat a les dimensions de la taula giratòria. Per a fixar això a la mateixa hem escollit un sistema de fixació mitjançant una bola axial que està pressionada per una molla i per desfixar-la únicament hem de fer força i sortirà.

Aquest serà el element encarregat de pressionar i es denomina posicionador de pressió roscats amb bola i molla:



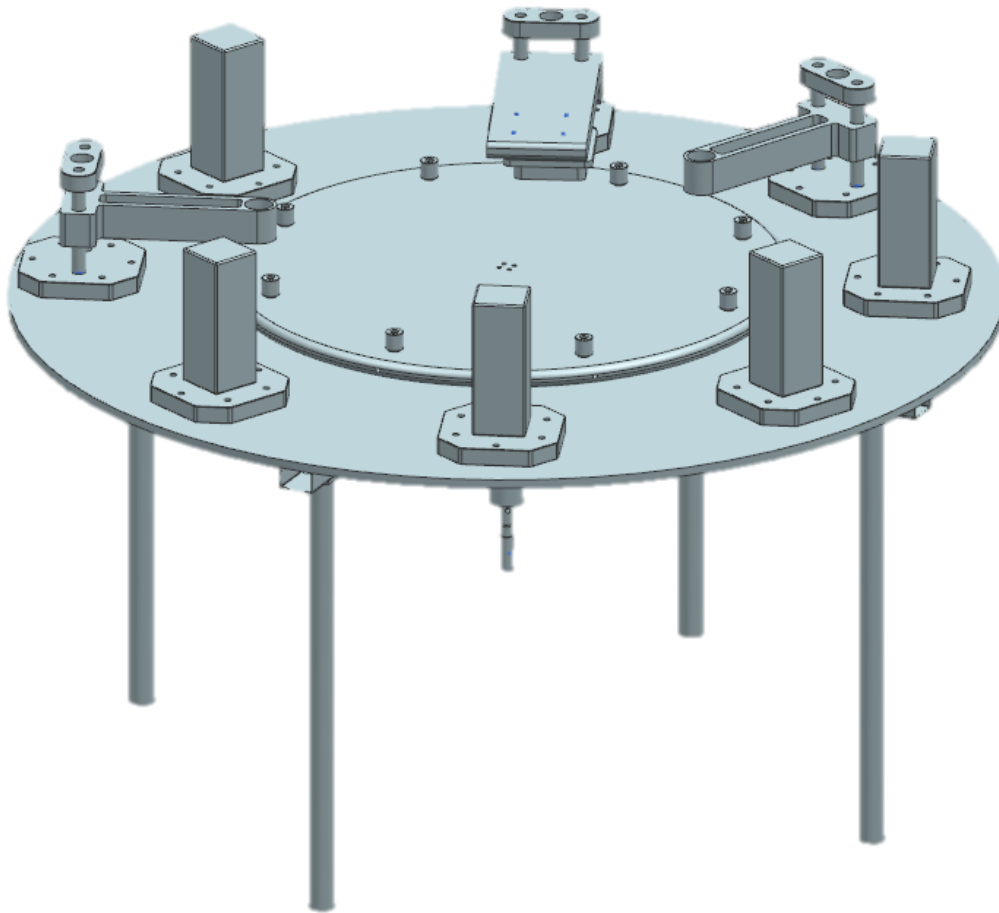
I la manera de treballar taula-posicionador és la següent:



*Figura Nº 80; Utillatge ja col·locat en la taula superior giratoria; Font: Font pròpia*

La bola estarà pressionant en l'orifici corbat de l'utilatge, així romandrà el utilatge en la seva posició de treball però a l'hora serà ràpid el poder retirar el mateix de la taula.

Finalment, l'asseblatge de tots els components queda de la següent manera:



*Figura N° 81; Disseny definitiu màquina; Font: Font pròpia*

### 3.3 Conclusions sobre el disseny del producte final:

Concloem aquest apartat amb un producte que ha anat evolucionant des de la primera idea de disseny fins al disseny definitiu, on hem aconseguit un seguit de punts forts com:

- Una màquina robusta, ja que es tracta d'una estructura sòlida que suporta sense cap tipus de problema el pes de la taula i dels seus components.
- Tot i ser una taula robusta, es tracta d'una màquina fina, on utilitzarem el mínim de material possible per a la fabricació de la mateixa i optimitzarem al màxim els recursos emprats.
- S'utilitza el màxim d'elements comuns per a la minoració de costos de producció, com per exemple el braç robòtic, o les estacions de treball de encolat i de verificació amb el fluxòmetre que és la mateixa.
- Poc manteniment i fàcil de realitzar ja que els components utilitzats no exigeixen un manteniment excessiu.



## 4. Càlculs:

### 4.1 Temps de producció d'una peça:

En aquest apartat procedirem a analitzar teòricament la diferència de temps de producció d'una peça en la nova màquina respecte a la producció mitjançant la línia actual.

#### 4.1.1 Producció mitjançant línia actual:

Actualment estem treballant amb la estació manual que ja hem explicat a l'inici de la memòria. Estem treballant amb dues línies treballant a l'hora per a poder acomplir les nostres necessitats.

Hem anat a la línia de producció a prendre els temps que es triga en produir una peça i són els següents:

Operació	Temps (s)
Clipatge:	12,22
Encolat:	7,2

*Figura Nº 82; Taula temps producció manual en cada estació; Font: Font pròpia*

Tenint en compte que estan dues persones treballant en la línia, una en cada estació obtenim que el nostre coll d'ampolla és l'estació de clipatge i que per tant és l'estació que ens dona el temps de cicle de la nostra línia. Hem de tenir en compte que estem treballant amb 2 línies a l'hora així que el temps de cicle es redueix a la meitat. Finalment ens queda en un temps de cicle de **6.11 segons**. Amb un **volum anual** de: **1.038.689 peces** treballant 8 hores, 20 dies a la setmana i 11 messos l'any

#### 4.1.2 Producció mitjançant línia proposada:

En aquesta nova línia, el temps de producció d'una peça ens el donarà la estació més lenta i analitzant el funcionament de cadascuna de les estacions, tenim 2 possibles candidats a ser la estació més lenta, aquests són: les estacions on tenim el braç robòtic i la estació que s'encarrega de imantar les peces.

- Temps de treball del braç robòtic: Tenint en compte que el desplaçament que ha de fer el braç per agafar la peça des del punt on alimentem la màquina de material fins al punt que deixa la peça és relativament petit (500 mm) comptem que podrà realitzar aquest moviment en aproximadament 3 segons. En l'estació que més pot trigar és l'estació de packaging que comptarem mig segon més.
- Temps de treball de l'estació d'imantació: aquí és on tenim el coll d'ampolla de la nostre màquina, aquesta és l'estació de treball que ens marca el temps de cicle de la nostra màquina.

Com ja dèiem, el punt més crític és el punt de imantació ja que tenim la limitació del temps que triga en carregar la imanadora, aquest és el nostre coll d'ampolla.

Procedim a calcular el volum de peces que podem obtenir en un dia, un més i per últim el volum de producció anual.

Per a fer aquest càlcul hem de tenir en compte les hores que està operativa la màquina diàries, està previst que la màquina estigui operativa un total de 11 hores diàries, inici de jornada a les 8 hores del matí i finalitzar la jornada a les 18 hores.

Està comptabilitzada una parada per imprevistos diària de 30 minuts i una despesa de 30 minuts en inici de sèrie al començar la jornada i en el final de torn, així que queden un total de 8 hores productives diàries.

Es treballa 5 dies a la setmana, per tant un total de 20 dies laborables al mes i 11 mesos a l'any ja que la fàbrica tenca al llarg de l'any un mes sencer i, per tant, estarà productiva 11 mesos a l'any.

Amb aquestes dades i amb el temps de cicle de la nostra màquina que ens la dona la estació que més trigui procedim a calcular el volum de producció amb detall:

<b>Hores al dia:</b>	8
<b>Dies al mes:</b>	20
<b>Mesos a l'any:</b>	11

*Figura Nº 83; Taula producció; Font: Font pròpia*

<b>Estació Nº:</b>	<b>Descripció de l'estació</b>	<b>Temps de treball amb (s) :</b>
<b>1</b>	Col·locació plàstic	3
<b>2</b>	Col·locació escuma	3
<b>3</b>	Col·locació carcassa	3
<b>4</b>	Encolat	2
<b>5</b>	Col·locació imant	3
<b>6</b>	Premat i imantat	5
<b>7</b>	Verificació flux magnètic	2
<b>8</b>	Packaging	3,5

*Figura Nº 84; Taula estació i temps de treball; Font: Font pròpia*

D'aquesta taula extraïem la primera conclusió, obtindrem una peça cada 5 segons. Amb això ja podem procedir a calcular el volum de producció anual.

<b>Volum de producció diària:</b>	5.760
<b>Volum de producció mensual:</b>	115.200
<b>Volum de producció anual:</b>	1.267.200

*Figura Nº 85; Taula producció; Font: Font pròpia*

En total tindriem una producció anual de 1.267.000 peces.

#### 4.1.3 Comparació despeses línia automàtica respecte línia manual:

Cap de les dues línies té un consum energètic destacable l'una per sobre de l'altre per tant comptabilitzarem el mateix per les dues.

Tampoc un manteniment gaire diferent entre les dues línies ja que en la automàtica fem els mateix procediments que amb la manual però automatitzats el que ens augmenta la productivitat.

L'únic factor diferencial que tenim entre les dues màquines és el cost del personal que intervé en la producció de les peces i òbviament, la forta inversió que suposa la màquina automatitzada.

	Nº treballadors	Salari mensual (€)	Cost mensual (€)	Cost anual (€)	Nº peces anual
Manual	4	1.800	7.200	79.200	1.038.689
Automàtica	1	1.800	1.800	19.800	1.267.200

*Figura Nº 86; Taula comparativa línia automàtica vs manual; Font: Font pròpia*

Amb aquesta taula arribem a la conclusió que produir en la línia manual és:

1. Més car, ja que ens suposa un sobre cost al tenir 4 operaris treballant de **59.400 €** (79.200 – 19.800)
2. Més lent, ja que en un any, amb el mateix nombre d'hores, amb la màquina automàtica obtenim 228.211 peces més que amb la manual.

## 4.2 Càlcul de resistència de materials:

La nostra màquina cal que sigui sòlida per a evitar vibracions durant el seu ús, per tant, per a assegurar aquest punt la màquina està sobredimensionada.

Tot i això tenim un punt que és el més crític i aquest és el punt sobre el qual realitzarem un estudi d'elements finits.

### 4.2.1 Estudi del punt més sol·licitat de la nostra màquina:

El punt més sol·licitat de la nostra màquina es troba en la taula superior, ja que en l'estació de premsat la taula es veu sotmesa a una força de 250 N.

Farem els càlculs amb un factor de seguretat 2, és a dir la nostra taula haurà de suportar un màxim de 500N en un mateix punt.

Amb l'anàlisi d'elements finits anem a visualitzar la deformació o ruptura (en cas que la tingués) de la taula superior tenint el fix el punt de contacte amb l'eix (fixat per 4 cargols).

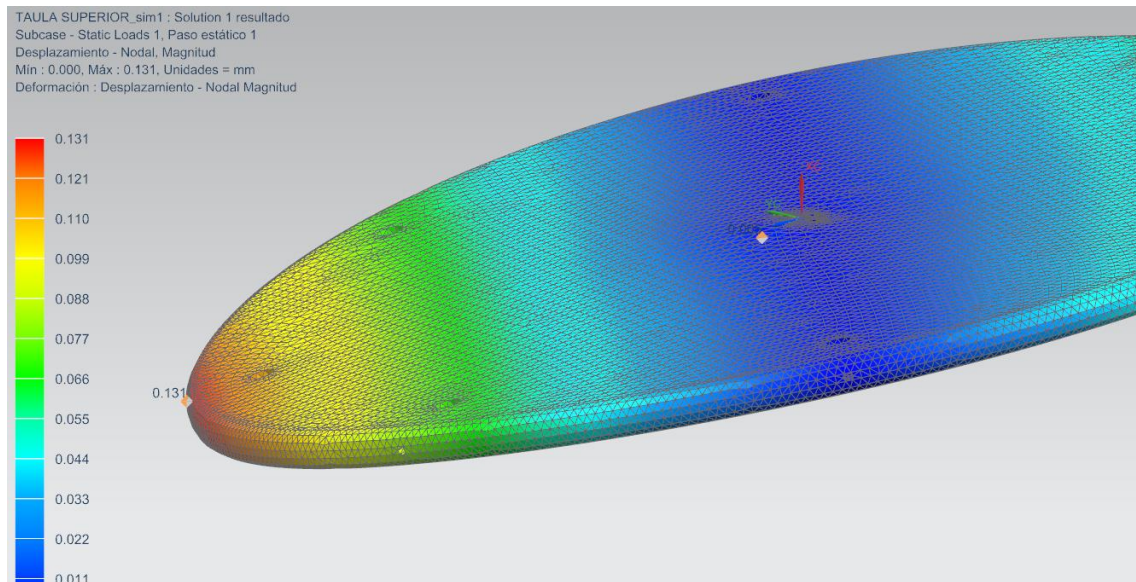


Figura N° 87; Resultat estudi d'elements finits; Font: Font pròpia

Té una deformació màxima en l'extrem d'aplicació de la força de 0.131 mm, que es considera acceptable degut a lo petita que és.

## 5. Plec de condicions:

### 5.1 Normativa:

Normativa que ens aplica en el disseny de la nostra màquina:

- 2006/42/CE

Aquesta normativa és a nivell europeu, i es refereix tant a la seguretat com a dispositius d'emergència que haurem d'acomplir.

Pels materials que estem manipulant s'ha de tenir en compte aquesta normativa sobre materials ferromagnètics permanents i sobre la exposició a camps magnètics externs:

- Real Decreto 1066/2001

### 5.2 Condicions per part del client:

- La màquina no pot ocupar una superfície de més de 10m<sup>2</sup>
- La màquina no pot treballar amb gasos tòxics i/o amb risc d'explosió.
- Tenir en compte que tractarem amb materials magnètics, per tant la màquina ha d'estar dissenyada en alumini que no es un material ferromagnètic
- Robòtica a utilitzar d'eixos cartesianes
- Maquinaria de manteniment simple.
- Equips magnètics que no requereixin manteniment periòdic, únicament el causat degut a petites possibles averies.
- Equips de medició magnètica que no requereixin cal·libració anual per part de l'empresa subministradora, i que es tinguin valors patró per a nosaltres mateixos poder controlar la correcta mesura de les peces.

## 6. Pressupost:

### 6.1 Material emprat per a la realització de la màquina.

Per a la construcció de la nostra màquina necessitarem un gran nombre de peces mecanitzades que ens hauran de fer, la descripció i el preu de cada peça són els següents:

Descripció peça	Unitats	Material	Preu material: (€)	Preu mà d'obra (€)	Cost total peça: (€)
Barras	6	Alumini	4	15	114
Base braç rob.	5	Alumini	85	100	925
Base suports	3	Alumini	85	130	645
Cos suport braç	5	Alumini	108	45	765
COS	1	Alumini	140	135	275
EIX INFERIOR	1	Alumini	3	35	38
EIX	1	Alumini	40	80	120
estructura taula	1	Acer inox	20	65	85
pletina potes	4	Alumini	3	35	152
potes	4	Acer inox	15	25	160
suporte flx - encolat	2	Alumini	180	210	780
suport bobina	1	Alumini	320	380	700
taula superior	1	Alumini	1.100	400	1.500
taula	1	Alumini	600	800	1.400
tope superior	3	Alumini	20	150	510
Utilitatge	8	Alumini	6	30	288
Cost total de les peces a mecanitzar:	-	-	-	-	<b>8.457 €</b>

*Figura Nº 88; Peces a mecanitzar; Font: Font pròpia*

## 6.2 Construcció i posta en marxa de la línia automatitzada:

Descripció:	Unitats	Cost unitari (€)	Cost total (€):
Peces necessàries de mecanitzat:	1	8.457	8.457
Braç robòtic petit (x4):	4	17.300	69.200
Braç robòtic gran:	1	20.000	20.000
Sistemes vibradors de alimentació: (x3):	3	3.000	9.000
Bobina imantadora:	1	1.200	1.200
Sistema d'encolat:	1	4.000	4.000
Fluxòmetre:	1	6.000	6.000
Imanadora:	1	17.000	17.000
Revolver packaging:	1	7.000	7.000
PLC siemens	1	215	215
Tornilleria	1	35,36	35,36
Muntatge	6	20	120
Electronic	8	60	480

Figura Nº 89; Preu components de màquina; Font: Font pròpia

Preu final de la màquina: **142.707,36 €**

## 6.3 Facturació com a enginyer:

Com a enginyer facturarem un 15% del preu final de la màquina:

$142.707,36 \times 0.15 = 21.406 \text{ €}$  és el que facturariem com a enginyers pel disseny i seguiment de la fabricació de aquesta màquina.

## 6.4 Preu final de la màquina:

El preu de la nostre màquina és un resum dels tres punts anteriors i és el següent:

$142.707,36 + 21.406 = 164.113,36 \text{ €}$

## 6.5 Amortització:

El nostre projecte tracta d'un assortiment de material fixe durant 5 anys amb compromís de no disminució de volum de compres per part del nostre client.

Amb aquesta màquina tenim una inversió inicial de 164.113,36 € però anualment també tenim un estalvi de **59.400€**.

Tenint en compte aquesta inversió inicial, aquest estalvi anual, i el temps de durada de aquest projecte obtenim la següent conclusió:

<b>Inversió inicial</b>	<b>164.113,36 €</b>
<b>Estalvi anual:</b>	<b>59.400 €</b>
<b>Durada del projecte:</b>	<b>5 Anys</b>

*Figura N° 90; Inversió i estalvi anual; Font: Font pròpia*

<b>Amortització en 5 anys</b>	<b>32.822,672 €</b>
<b>Beneficis anuals</b>	<b>26.577,328 €</b>
<b>Diferència entre inversió inicial i estalvi en 5 anys:</b>	<b>132.886,64 €</b>

*Figura N° 91; Resultats econòmics; Font: Font pròpia*

Ens queda un benefici final de **132.886,64 €** al final de la vida del projecte.



## 7. Conclusions:

Després de tot el desenvolupament del projecte, i també de realitzar l'estudi econòmic, obtenim que el disseny la nostre idea de redissenyar la línia de treball actual és una opció vàlida degut a les següents reflexions:

- Més producció de peces amb el mateix temps de producció
- Alta inversió inicial però grans beneficis després de 5 anys (durada del projecte)
- Menys aturades previstes degut a que només treballa un operari tot el dia en ella gràcies al disseny òptim de la màquina.
- Menys despeses anuals per produir el mateix

Com a conclusió final concloem dient que aquesta màquina resulta rentable amb una producció anual de prop de 1.100.000 peces anuals durant un mínim de tres anys, com el nostre client té compromís de producció durant 5 anys encara resulta més rentable la forta inversió de capital en la fabricació de aquesta màquina.

## 8. Bibliografía:

- [1]: [http://webs.uvigo.es/quintans/recursos/Web\\_electromagnetismo/magnetismo\\_materiales.htm#ferromagnéticos](http://webs.uvigo.es/quintans/recursos/Web_electromagnetismo/magnetismo_materiales.htm#ferromagnéticos)
- [2]: <http://www.ima.es/>
- [3]: [http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-01-28/china-monopoliza-todas-las-tierras-raras-esenciales-para-la-tecnologia\\_81222/](http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-01-28/china-monopoliza-todas-las-tierras-raras-esenciales-para-la-tecnologia_81222/)
- [4]: <http://www.supermagnete.es/faq/Que-significa-remanencia>
- [5]: [http://www.ndfeb-info.com/neodymium\\_grades.aspx](http://www.ndfeb-info.com/neodymium_grades.aspx)
- [6]: <http://www.staubli.com/en/robotics/6-axis-scara-industrial-robot/low-payload-6-axis-scara-robot/6-axis-industrial-robot-tx40/>
- [7]: [http://www.kuka-robotics.com/es/products/industrial\\_robots/small\\_robots/kr\\_3\\_agilus/start.htm](http://www.kuka-robotics.com/es/products/industrial_robots/small_robots/kr_3_agilus/start.htm)
- [8]: [http://www.wittmann-group.com/uploads/tx\\_wpsidebar/ROBOTS\\_espanol\\_2014-09\\_01.pdf](http://www.wittmann-group.com/uploads/tx_wpsidebar/ROBOTS_espanol_2014-09_01.pdf)
- [9]: <http://www.tad.es/productos/s10-unidad-autonomia-superpuesta/S-10.pdf>
- [10]: <http://www.canmag.cn/new/products-show-en.asp?id=371&anclassid=9>
- [11]: [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=55890](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=55890)
- [12]: <http://www.aeratp.com/aer-atp/robotica-industrial-y-de-servicio/>
- [13]: [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=55890](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=55890)
- [14]: <http://www.canmag.cn/new/products-show-en.asp?id=355>
- [15]: <http://www.eckelgbr.com/produkte/dfm-r/>
- [16]: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- [17]: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/SMED.pdf>
- [18]: <http://www.elesa-ganter.com/es/30/sp/7319/4/85/posicionadores-de-presion-roscados-con-bola-y-muelle/gn-615/eg/>
- [19]: [http://www.automation24.es/sistemas-de-control/siemens-sm-1223-dc/dc-6es7223-1bl32-0xb0-i101-1717-0.htm?refID=adwords\\_shopping\\_ES&gclid=COiaqa3Buc0CFdZAGwodmpYKfg](http://www.automation24.es/sistemas-de-control/siemens-sm-1223-dc/dc-6es7223-1bl32-0xb0-i101-1717-0.htm?refID=adwords_shopping_ES&gclid=COiaqa3Buc0CFdZAGwodmpYKfg)
- [20]: <http://www.rationalstock.es/fijacion/es/tornillo-din-912-de-cabeza-cilindrica-con-hueco-hexagonal--de-acero--8-8--y-rosca-metrica-/20401000001/0/>